

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LES IMPACTS DES AMÉNAGEMENTS CYCLABLES À MÊME LA CHAUSSÉE
SUR LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE À MONTRÉAL

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN ÉTUDES URBAINES

Par
NEEDBOOL FÉLIX MARRÉ

JUILLET 2011

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

Remerciements

Je remercie en premier lieu mon directeur de recherche, le professeur Georges A. Tanguay, pour son encadrement et son aide dans la réalisation de ce projet de recherche.

Je remercie la Ville de Montréal pour sa contribution, et plus particulièrement le personnel et le service des infrastructures, transport et environnement de la direction des transports de la Ville de Montréal qui ne se sont jamais ménagés pour rendre possible ce projet de recherche en fournissant gracieusement les données à analyser.

Je dois remercier le professeur Pierre Delorme, car sans son support et sa compréhension, je n'aurais jamais pu conclure ce travail.

Je ne peux passer sous silence la contribution et l'appui de tout le corps professoral des départements en études urbaines de l'Université du Québec à Montréal (UQÀM) et de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) qui ont toujours été là à un moment ou à autre pour m'aider et me supporter.

Enfin, un remerciement tout spécial à ma famille pour leur réconfort et à tous mes collègues du Groupe SM International pour leur amitié et l'ambiance agréable de travail.

Tables des matières

CHAPITRE 1	INTRODUCTION	1
1.1	THEMES ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE.....	4
1.2	PROBLÉMATIQUE DE LA RECHERCHE.....	6
1.2.1	CHRONOLOGIE ET INVENTAIRE DES AMENAGEMENTS CYCLABLES A MONTREAL.....	8
1.2.2	PERSPECTIVE DU DEVELOPPEMENT DES INFRASTRUCTURES CYCLABLES A MONTREAL	10
1.2.3	LES DEFIS AU DEVELOPPEMENT DE VOIES CYCLABLES URBAINES.....	11
1.2.4	UN ASPECT CRUCIAL DU DEVELOPPEMENT CYCLISTE.....	13
1.3	QUESTIONS DE RECHERCHE ET HYPOTHÈSES	14
1.4	CONTRIBUTION AU PROGRES DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET PERTINENCE SOCIALE	20
CHAPITRE 2	REVUE DE LA LITTÉRATURE	23
2.1	PORTRAIT DE LA LITTÉRATURE SUR DES ACCIDENTS IMPLIQUANT DES CYCLISTES	23
2.2	IMPACTS ÉCONOMIQUES DES ACCIDENTS ET CONTEXTES SOCIAUX	25
2.3	LIMITES DE LA PREMIÈRE PARTIE DE LA REVUE DE LITTÉRATURE	26
2.4	RÔLE DES INFRASTRUCTURES ET DE LEUR ENVIRONNEMENT SUR LES ACCIDENTS	30
2.5	INCIDENCE DE NOUVEAUX AMÉNAGEMENTS CYCLABLES SUR L'ACHALANDAGE	32
2.6	FIABILITÉ, PRÉCISION ET COMPLÉTUDE DES BASES DE DONNÉES OFFICIELLES.....	34
2.7	SYNTHÈSE DE LA REVUE DE LITTÉRATURE	34
CHAPITRE 3	LES ELEMENTS METHODOLOGIQUES DE LA RECHERCHE	37
3.1	CADRE D'ANALYSE	37
3.2	STRATÉGIES MÉTHODOLOGIQUES	39
3.2.1	TERRITOIRE ET PROVENANCE DES DONNEES	40
3.2.2	DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA BASE DE DONNEES	41
3.2.3	DONNEES D'ENQUETES ORIGINE-DESTINATION	44
3.2.4	ANALYSE SUR DES DONNEES D'ACCIDENTS	44
3.3	TRAITEMENT DES DONNÉES ET LIMITATIONS DE LA BASE DE DONNEES UTILISEE.....	48
3.3.1	TRAITEMENT ET CRITERES DE CLASSIFICATION DES ACCIDENTS	51
3.3.2	BIAIS LIES A LA COLLECTE ET AUX DONNEES MANQUANTES.....	53
3.3.3	BIAIS LIES A LA LOCALISATION DES ACCIDENTS.....	53
CHAPITRE 4	RÉSULTATS DE L'ANALYSE	55
4.1	CARACTÉRISTIQUES DES ACCIDENTS – PROFIL DES VICTIMES (CYCLISTES).....	55
4.1.1	FREQUENCE DES ACCIDENTS	55
4.1.2	PROFIL DE L'AGE DES VICTIMES.....	58
4.1.3	DISTRIBUTIONS ANNUELLES DES ACCIDENTS	61
4.1.4	DISTRIBUTION JOURNALIERE DES ACCIDENTS PAR PERIODE DE 24 HEURES	63
4.1.5	CYCLISTES ACCIDENTES : UN INDICATEUR PROBABLE DE L'USAGE DU VELO.....	64
4.2	CARACTÉRISTIQUES DES ACCIDENTS – PROFIL DES VÉHICULES MOTORISÉS IMPLIQUÉS	66
4.3	CARACTÉRISTIQUES DES ACCIDENTS – DISTRIBUTION SPATIALE	69

4.3.1	PROXIMITÉ DES INTERSECTIONS : ZONES DANGEREUSES POUR LES CYCLISTES	69
4.4	CROISEMENT LONGITUDINAL DE LA FREQUENCE ANNUELLE ET DE LA GRAVITE	73
4.5	VISUALISATION DES LIEUX D'IMPACTS.....	78
4.5.1	RESSEMBLANCE SPATIALE A TRAVERS LE TEMPS (2003 A 2007)	78
4.5.2	DISSEMBLANCE SPATIALE UNE ANALYSE DETAILLEE PAR ANNEE (2003 A 2007)	94
4.6	PARALLÈLE DES PORTRAITS D'ACCIDENTS SUR LES TYPES D'AMÉNAGEMENTS CYCLABLES.....	99
4.6.1	RESSEMBLANCE OU DISSEMBLANCE DANS LE PORTRAIT DES ACCIDENTS	101
4.6.2	ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES ET REDUCTION DES VARIABLES	106
CHAPITRE 5	ANALYSE, DISCUSSION ET INTERPRETATIONS	111
5.1	FREQUENCE ET GRAVITE DES ACCIDENTS	111
5.2	DISTRIBUTION TEMPORELLE DES ACCIDENTS	112
5.3	DISTRIBUTION SPATIALE	116
5.4	ANALYSE COMPAREE ET STATISTIQUE SUR L'EFFET DES AMENAGEMENTS SUR LA CHAUSSEE	119
5.5	RETOUR SUR L'HYPOTHESE DE LA RECHERCHE	120
CHAPITRE 6	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	125
6.1	CONTRIBUTIONS DE L'ETUDE A LA RECHERCHE	125
6.2	PISTE DE RECHERCHE ULTERIEURE ET THEMES A ABORDER.....	126
6.3	DONNEES NECESSAIRES AUX FUTURES RECHERCHES	127
6.4	APPLICATIONS.....	128
6.5	CONCLUSION	129
ANNEXE A	– RÉSULTATS DES ANALYSES STATISTIQUES DES DONNÉES D'ACCIDENTS	131
ANNEXE B	– STRUCTURE DE LA BASE DE DONNÉE RELATIONNELLE	137
BIBLIOGRAPHIE	139

Listes des figures

Figure 1-1	Aménagements cyclables existants en 2009 sur l'île de Montréal	18
Figure 3-1	Les limites administratives de la ville de Montréal (après fusion)	42
Figure 4-1	Distribution spatiale des accidents – Année 2003.....	80
Figure 4-2	Vue agrandie des arrondissements centraux – Année 2003	81
Figure 4-3	Distribution spatiale des accidents – Année 2004	82

Figure 4-4 Vue agrandie des arrondissements centraux – Année 2004	83
Figure 4-5 Distribution spatiale des accidents – Année 2005.....	84
Figure 4-6 Vue agrandie des arrondissements centraux – Année 2005	85
Figure 4-7 Distribution spatiale des accidents – Année 2006.....	86
Figure 4-8 Vue agrandie des arrondissements centraux – Année 2006	87
Figure 4-9 Distribution spatiale des accidents – Année 2006 (avec les aménagements cyclables existant).....	88
Figure 4-10 Vue agrandie des arrondissements centraux – Année 2006 (avec les aménagements cyclables existant)	89
Figure 4-11 Distribution spatiale des accidents – Année 2007	90
Figure 4-12 Vue agrandie des arrondissements centraux – Année 2007	91
Figure 4-13 Distribution spatiale des accidents – Année 2007 (montrant les aménagements cyclables existant).....	92
Figure 4-14 Vue agrandie des arrondissements centraux – Année 2006 (avec les aménagements cyclables existant)	93
Figure 4-15 Voies cyclables des types II et III et leurs années de réalisation	100

Listes des graphiques

Graphique 4-1 Histogramme de la fréquence et de la gravité des accidents (5 années)	57
Graphique 4-2 Histogramme de la fréquence de l'âge des victimes	57
Graphique 4-3 Population 2006 selon le groupe d'âge, région administrative de Montréal....	60
Graphique 4-4 Distribution des accidents suivant les mois de l'année et de la gravité des blessures (1 – B. mortelles à 4 – Pas de B. apparente)	62
Graphique 4-5 Distribution des accidents selon la gravité sur une journée de 24 heures	65

Graphique 4-6 Distribution des accidents selon l'âge et les jours de la semaine	65
Graphique 4-7 Localisation des accidents selon la gravité et la proximité aux intersections .	72
Graphique 4-8 Histogramme des fréquences du tableau de contingence	77
Graphique 4-9 Évolution des rapports des variables durant les trois années	103
Graphique 4-10 Résultat de la comparaison entre les facteurs.....	103
Graphique 5-1 Taux de cyclistes selon les tranches d'âge au Québec.....	114

Liste des tableaux

Tableau 1-1 Part modale comparée du vélo utilitaire (2001)	7
Tableau 1-2 Offre cyclable actuelle à Montréal.....	9
Tableau 3-1 Les champs des enregistrements fournis	50
Tableau 3-2 Nombre de victimes par accident et par année	52
Tableau 4-1 Répartition des accidents par gravités et types de véhicules motorisés.....	68
Tableau 4-2 Localisation des accidents par rapport à une intersection	70
Tableau 4-3 Tableau de contingence année des accidents selon la gravité.....	74
Tableau 4-4 Statistique et signifiante du KHI-CARRÉ	75
Tableau 4-5 Évolution de la distribution des accidents par année et arrondissement	97
Tableau 4-6 Les variables retenues pour la comparaison entre types d'aménagement.....	101
Tableau 4-7 Liste des variables influentes identifiées.....	106
Tableau 4-8 Les axes identifiés selon l'analyse en composantes principales.....	108
Tableau 5-1 Déplacements par modes non motorisés (Enquête O-D 2003)	118

Liste des abréviations et acronymes

ACP	Analyse en composantes principales
ACTU	Association canadienne de transport urbain
AMT	Agence métropolitaine de transport
ATC	Association des transports du Canada
DJMA	Débit journalier moyen annuel
DJME	Débit journalier moyen estival
DOT	Department of Transportation
GES	Gaz à effets de serre
MDDEP	Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs
MTQ	Ministère des transports du Québec
SAAQ	Société de l'assurance de l'automobile du Québec
STM	Société de transport de Montréal
STL	Société de transport de Laval
ONU	Organisation des nations unies

Résumé

Depuis 2005, le réseau routier montréalais accueille de nouveaux aménagements cyclables afin de promouvoir le vélo comme mode de transport à part entière. Cette stratégie vise à faciliter l'usage utilitaire du vélo afin de réduire l'empreinte carbone du transport motorisé.

Cet objectif de doubler le nombre actuel de kilomètres de voies cyclables d'ici la prochaine décennie est prévu à l'intérieur d'une structure urbaine montréalaise compacte et déjà consolidée. Cette structure est plus propice aux infrastructures cyclables partageant la chaussée sans une barrière physique : bandes cyclables et chaussées désignées. De telles solutions sont novatrices pour ne pas dire osées en Amérique du Nord du fait qu'elles requièrent une plus grande interaction entre véhicules à moteur et cyclistes.

Ce projet de recherche se donne pour objectifs de dresser un portrait de l'accueil des cyclistes sur le réseau routier à Montréal afin de constater si les nouveaux aménagements sont plus à risque que les premières solutions. Cette démarche est rendue possible par la disponibilité de données secondaires des accidents impliquant cyclistes et véhicules motorisés de 2003 à 2007.

Les conclusions des analyses descriptives, de distributions spatiales et de statistiques n'ont pas permis de démontrer de manière significative que ces aménagements à même la chaussée sans barrière physique constituent un environnement de transport dangereux ou semblent contribuer à augmenter le niveau d'insécurité routière.

Les chiffres ont plutôt montré une stabilité relative du nombre d'accidents et une chute des cas les plus sévères. Il y a eu une poussée en 2004 mais elle est antérieure à l'implantation des nouvelles infrastructures. De plus, le taux d'accidents entre cyclistes et circulation lourde n'est pas plus alarmant vu la structure économique actuelle, le pourcentage de camions à Montréal et la localisation des nouveaux aménagements cyclables sur rue plus probables sur le réseau artériel pour leur capacité d'hébergement.

Les analyses descriptives sur la distribution spatiale des accidents montrent qu'ils ne sont pas uniformément distribués à Montréal. Certains arrondissements semblent être plus périlleux pour les cyclistes que d'autres. En agrégeant les données d'accidents en deux grandes catégories à l'intérieur du périmètre où les accidents cyclistes sont les plus fréquents (ceux ayant eu lieu sur les nouveaux liens cyclables et ceux survenus sur la piste cyclable plus familière à Montréal), les résultats de l'analyse comparée ont montré une grande similitude dans les patrons des accidents.

Mots clés : cyclistes, bandes cyclables, pistes cyclables, chaussées désignées, blessures graves, dommages matériels, mobilité soutenable, sécurité routière, site propre intégral, aménagement hors rue

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Dans son plan de transport¹ la Ville de Montréal projette de doubler en sept ans le réseau cyclable sur son territoire, soit en passant de 400 à 800 kilomètres de lien cyclable, afin de favoriser l'utilisation du vélo comme un moyen de transport utilitaire à part entière. Cette initiative est le 13^e des 21 chantiers devant être réalisés au cours de la prochaine décennie « pour réinventer Montréal ». En fait, cette décision n'est qu'un des facteurs qui confirment que le renforcement des modes de transport durable devient tendance à Montréal, par exemple :

- la densité des projets de mobilité active dans les plans d'action des arrondissements de la ville² fusionnée, en particulier celui du Plateau Mont-Royal;
- l'arrivée de la Société de vélo en libre-service *Bixi* à Montréal. De telles entreprises sont plus d'un nouvel âge du capitalisme marqué par le primat de la logique de l'accès³; le service offert dans le présent cas améliore l'accessibilité, la complémentarité et la diversité de l'offre entre les différents modes.

La mobilité a toujours été une consommation particulière. Sa complexité actuelle force les acteurs à recourir à des référentiels autres que la simple opposition « véhicules particuliers versus transport en commun » pour penser sa planification. Face à une motorisation croissante des ménages, les systèmes de transports publics traditionnels peinent à s'adapter aux nouvelles réalités de la conception des villes qui ne facilitent plus la massification des flux de déplacements.

1 Ville de Montréal, 2008. Réinventer Montréal – Plan de transport 2008.

2 Ville de Montréal, 2009. Plan de déplacement urbain 2009-2024 du Plateau Mont-Royal.

3 Jeremy Rifkin, 2000. L'âge de l'accès. La révolution la nouvelle économie. Collection La Découverte.

Les facteurs les plus dominants pour expliquer la difficulté du transport collectif à jouer le rôle qui était le sien dans la structuration des déplacements de masse sont les suivants : l'étalement des emplois et des résidences (ville multipolaire), une réduction des déplacements aux périodes de pointe au profit d'une plus grande dispersion des voyageurs dans le temps et dans l'espace et surtout l'apparition de ce qu'on appelle une mobilité « zigzagante ». Cette dernière est plus caractérisée par une diminution des trajets planifiés au profit de déplacements volatils et imprévisibles (Orfeuil, 2008).

Ajouter à cela, que les nouvelles connaissances de l'impact environnemental des véhicules motorisés et fonctionnant à l'essence obligent à des changements de comportement sur la façon de satisfaire nos impérieux besoins de mobilité.

C'est sur cette toile de fond, constituée de ces contraintes, que les sociétés du 21^e siècle se doivent d'innover pour pérenniser nos acquis de mobilité. Ce qui fait dire par plusieurs que les nouvelles avenues du transport doivent être pavées de contenus soutenables. En situation de changement de paradigme, les réponses et les solutions doivent être réadaptées, et le domaine du transport n'y échappera pas. Donc, des modes réputés jusqu'ici inefficaces se retrouvent subitement face aux difficultés se profilant à l'horizon, telle la fin du pétrole à bon marché.

Ainsi, le vélo, la marche, les patins à roues alignées, les planches à roulettes, etc., se révèlent tout à coup de sérieuses alternatives à la voiture sur les courtes distances. Ces modes dits de mobilité active montrent de sérieux potentiels comme moyen de transport rapide, efficace et peu coûteux et ils peuvent être asservis aux objectifs de planification d'un système de transport plus durable.

Ainsi, l'utilisation du vélo qui était, avec la prospérité en Amérique du Nord, principalement connoté loisirs et promenade, s'est désormais hissé comme étant une stratégie de gestion efficiente de la demande de transport et un atout supplémentaire de mobilité soutenable. Il faut convenir que son usage reste contraint par certains paramètres physiques et climatiques (la topographie, les aménagements physiques, le réseau viaire, la météo, les intempéries etc.), socio-économiques et urbanistiques (absence de commodités à destination : douches, stationnements à vélos sécuritaires, vestiaires, etc.). L'effet de ces contraintes est manifeste par les variables suivantes : un prix d'essence bas; la socialisation du coût d'utilisation de la

voiture particulière; un usage du sol non compact, l'absence de réels programmes de gestion de la mobilité, l'offre d'infrastructures cyclables, etc.

C'est dans ce contexte que les initiatives des autorités municipales montréalaises de faire plus de place au vélo s'inscrivent dans une double évolution des mentalités durant les trois dernières décennies :

1. Une prise de conscience environnementale qui semble se traduire par une volonté de réduire les impacts de l'activité humaine (G.I.E.C., 2007) sur l'environnement. Le réchauffement climatique est souvent cité comme étant un indicateur attribuable aux gaz à effets de serre, dont les activités liées au transport⁴ sont responsables pour une bonne part.
2. Des inquiétudes de santé publique provenant d'une motorisation croissante des différents types de déplacements et du déclin des modes de transport actif qui est une résultante des choix et des modes de vie des sociétés occidentales. Une des conséquences serait une augmentation alarmante des taux d'hypertension artérielle, d'hypercholestérolémie et d'obésité chez les jeunes enfants. Ces derniers sont de plus en plus privés d'opportunités d'atteindre le volume requis d'activité physique en leur soustrayant les possibilités du transport actif durant les trajets vers les établissements d'enseignement (Lewis *et al.*, 2008 ; Morency et Demers, 2009 ; Schlossberg *et al.*, 2006).

Une plus large part faite aux modes doux (vélo, marche, patins à roulettes, etc.) en plus d'innover contribuera à diversifier le panier du possible de la mobilité. En ne comptabilisant pas les incidences multiples tant sur l'économie (réduction des coûts globaux des déplacements), sur le système de santé publique (population physiquement en forme) et sur

⁴ Au Canada, le transport occupe le second rang (27 % du taux global) comme émetteur de GES. ACTU, 2009. Vision 2040.
Au Québec, c'est 40 %. MDDEP, 2008. Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2006 et leur évolution depuis 1990.

l'environnement (réduction de GES), les bénéfices économiques, sociaux et environnementaux de la pratique des modes actifs sont les suivants :

- ▶ permettre une saine habitude de vie et garder la forme physique;
- ▶ lutter contre la congestion et la pollution (air et bruit);
- ▶ diminuer la pression sur les centres-villes (stationnement);
- ▶ réduire les coûts des infrastructures routières (tous contribuables confondus).

Toutefois, en plus des avantages ci-dessus mentionnés, l'utilisation des modes actifs ne réduiraient pas pour autant la mobilité de ceux qui ne possèdent pas un véhicule motorisé. Ces modes sont plutôt un complément naturel aux modes de déplacement motorisé (Litman, 1994).

1.1 THEMES ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

Les objectifs du 13^e chantier du plan de transport de la Ville de Montréal sont louables, mais de telles initiatives recèlent aussi leur lot d'inconvénients, quant aux éventuels impacts sur la sécurité routière. Un des effets les plus dévastateurs serait une augmentation des accidents impliquant cyclistes et automobilistes, surtout si l'ampleur du phénomène crée dans la population un sentiment d'insécurité lié à la pratique du vélo. Même une impression de ce phénomène induirait une perception négative associant la pratique du vélo à une hausse de mortalité et de morbidité; une absence de sécurité et un niveau de dangerosité anormalement élevé et inacceptable. Ce type de perception pourrait faire très mal à n'importe quel projet, surtout si au départ, il y avait des velléités d'apporter des solutions à des problématiques de santé publique.

Un des meilleurs indicateurs sur la réaction négative du public face à une montée d'accidents impliquant les cyclistes est le nombre d'articles qui serait publié sur le sujet dans les médias. Déjà les quotidiens et les magazines regorgent d'articles de journalistes et de courriers de lecteurs sur le type de rapports constatés entre les cyclistes et les autres usagers de la route. Les thèmes les plus souvent abordés sont les suivants : la négligence, l'indiscipline des cyclistes d'un côté et le comportement méprisant et l'incivilité des automobilistes face aux deux-roues non motorisés de l'autre. Ces articles sont récurrents et s'amplifient aux périodes

précédant l'ouverture des pistes cyclables (voir la classification des aménagements cyclables Tableau 1-2).

L'existence d'une corrélation positive entre infrastructures cyclables et augmentation du nombre de cyclistes n'est pas encore démontrée. Mais il y a un consensus à reconnaître qu'elles peuvent contribuer à un regain d'intérêt chez les détenteurs du vélo. Elles donneraient plus d'assurance à ceux qui sont réticents ou inconfortables d'affronter le libre partage des voies de circulation avec les modes motorisés sur la voirie publique (Barnes, Thompson et Krizek, 2006 ; Jolicoeur, Dumesnil et Poirier, 2006).

L'association entre la présence cycliste sur la chaussée et la prolifération d'accidents n'a jamais été démontrée non plus. Cependant, il y a une impression qu'il y a un postulat de la circulation associant cycliste et un niveau d'insécurité plus élevé sur le réseau routier. Ceci peut en partie expliquer pourquoi les cyclistes ne sont pas toujours acceptés sur le réseau routier urbain et les automobilistes jugent plus approprié de les séparer de la circulation motorisée. Les seuls aménagements cyclables acceptables face à de telles visions du transport urbain seraient les voies cyclables en site propre intégral.

Or, la morphologie urbaine des villes nord-américaines est le résultat des empreintes multiples de courants de pensées urbanistiques et d'aménagements successifs, qui en raison des facteurs socio-économiques, n'ont pas toujours prôné des tissus urbains compacts et dense. Une des conséquences la plus immédiate est la désintégration des lieux d'emplois et de résidences.

C'est au milieu de ce portrait croisé du transport et d'aménagement urbains que surgit l'initiative des autorités montréalaises, consistant à faire du transport actif (le vélo en particulier) un mode de transport à part entière.

Le présent travail de recherche consiste, dans le cadre des objectifs des acteurs publics montréalais visant un partage équitable de la rue entre automobilistes et cyclistes, à analyser les statistiques officielles d'accidents sur le territoire de la Ville de Montréal (ses arrondissements) en mettant la focale principalement sur le partage de la voirie. Il comportera les trois volets suivants :

- Une analyse descriptive qui est une vue d'ensemble des accidents liés à la pratique du

vélo à Montréal, consistant à la présentation des faits, des tendances et leurs relations. Elle permet d'évaluer l'évolution de la sécurité des aménagements cyclables à Montréal.

- Une tentative d'explications possibles des observations ou analyse positive. Cette seconde partie essaie de dégager le rôle du partage de la voirie dans les constats de l'analyse descriptive, d'où la nécessité de cibler les accidents ayant lieu sur les aménagements à même la chaussée.
- Finalement, une analyse comparée entre les différents types d'infrastructures. Cette comparaison, dans un premier temps, permet d'établir s'il y a une différence significative entre les nouveaux aménagements et ceux installés antérieurement qui sont en site propre. Les conclusions fourniraient une idée plus nette sur la sécurité des usagers en interaction sur le réseau routier montréalais au terme du projet de doublement de l'offre actuelle d'infrastructures cyclables, qui devrait contenir de plus en plus d'infrastructures partageant la chaussée sans une barrière physique.

1.2 PROBLÉMATIQUE DE LA RECHERCHE

Les enquêtes sur la mobilité placent Montréal parmi les villes d'exception en Amérique du Nord quant à la part modale du vélo. Ce fait est bien illustré au Tableau 1-1 (Jolicoeur, Dumesnil et Poirier, 2006 ; Pucher et Buehler, 2006). Ce résultat n'a pas été obtenu comme des retombées de politiques publiques prônant le renforcement de la pratique du vélo par l'un des trois paliers gouvernementaux du Canada. En fait, les différents niveaux de gouvernement au Canada n'ont été impliqués que tout récemment dans la promotion du transport actif, plus particulièrement le vélo. Contrairement aux États-Unis, où le gouvernement fédéral a investi d'énormes ressources pour promouvoir la pratique du vélo, en dépit même d'une part modale très faible du vélo comme mode de déplacement (Pucher et Buehler, 2006).

Tableau 1-1 Part modale comparée du vélo utilitaire (2001)

Pays / Ville	Part modale (%)
Canada	1,2
États-Unis	0,4
RMR Montréal	1,3
RMR Toronto	0,8
RMR Vancouver	1,9

Les chiffres de 2006 publiés par les services de statistique du Québec, comparés à ceux de 2001 de Statistique Canada, montrent une évolution de l'usage utilitaire du vélo. Ils révèlent que la part du vélo de la population active occupée de 15 ans et plus, selon le mode de transport utilisé pour se déplacer du domicile au lieu de travail, est de 2,2 % pour la région administrative de Montréal.

Quand bien même la part modale à Montréal n'est pas comparable aux villes européennes, cette variation rapide traduit un potentiel latent qui peut se développer à la faveur de politiques publiques plus agressives, car plus du tiers des déplacements domicile-travail en zones urbaines font moins de 5 kilomètres (Jolicoeur, Dumesnil et Poirier, 2006). Sur cette distance de déplacement, le vélo est plus compétitif que la voiture et le transport en commun (temps d'attente et recherche de stationnement).

Ce fort potentiel n'est pas un fait spontané, mais plutôt la convergence de facteurs endogènes au schème urbain de Montréal; ce qui est le cas d'ailleurs de bien d'autres villes canadiennes. Parmi ces spécificités urbaines des villes canadiennes, il faut noter : la densité et la compacité urbaines; la distribution serrée des pôles d'opportunités socioéconomiques et des résidences (distance des déplacements plus courte); la sécurité des cyclistes, la motorisation plus faible (versus États-Unis) des ménages; le coût de l'utilisation de la voiture particulière, etc. Des caractéristiques que certaines villes canadiennes partagent avec leurs congénères européennes réputées très conviviales aux déplacements à vélo (Pucher et Buehler, 2006 ; Pucher et Dijkstra, 2000).

1.2.1 Chronologie et inventaire des aménagements cyclables à Montréal

Le réseau cyclable de Montréal évolue en nombre de kilomètres et en diversité avec l'apparition au Québec de nouveaux types d'aménagements depuis l'année 2000. Une plus grande densité d'infrastructures cyclables est d'une importance stratégique tant pour faciliter l'usage des modes doux que pour permettre le développement d'outils d'aide à l'accessibilité, à l'instar de ceux disponibles pour les modes motorisés et qui ont fait de l'automobile depuis longtemps l'offre de déplacement la plus simple d'usage.

La constitution et l'exploitation des gisements actuels d'informations sont pratiquement conçues pour faciliter les déplacements motorisés d'un point à un autre et les contreparties pour les autres modes sont plus rares ou très peu développées (Orfeuill, 2008). Il faut mentionner au passage les calculateurs de trajets disponibles à la STM (Tous azimuts)⁵ et à la STL (NaviGO!) pour les utilisateurs du transport collectif, sans oublier les efforts développés par la firme Google à travers Google Map.

Le vélo ne peut constituer un complément idéal au transport en commun quand les conditions d'un service optimal ne sont pas réunies. Pour rendre optimale cette complémentarité, les cyclistes ne peuvent plus être confinés sur les aménagements en site propre intégral aux itinéraires plus récréo-touristiques ou à devoir lutter pour partager sans balises claires le réseau routier. Depuis l'année 2005, de nouvelles solutions d'aménagement sont expérimentées à Montréal pour renforcer la mobilité et l'accessibilité aux cyclistes. À noter que les premières offres ont été des pistes cyclables en milieu urbain et les accotements revêtus en milieux périurbain et rural.

Les nouvelles solutions sont plus compatibles à la structure urbaine de Montréal (un cadre bâti consolidé) et il faut reconnaître qu'elle force aussi l'adoption d'aménagements différents des solutions mentionnées au paragraphe précédent. De ce fait, ces nouvelles infrastructures

⁵ « Tous azimuts » est le fruit d'une entente de recherche et développement entre la Société de transport de Montréal et le Groupe MADITUC de l'École Polytechnique.

vont « officialiser et légitimer des itinéraires existants et développer des axes répondants à des besoins de déplacements exprimés » (VéloQuébec, 2005). Donc, ils sont aussi plus à même d'encourager l'usage du vélo dans un cadre d'activités socioprofessionnelles. Cette évolution est caractérisée aussi par la permanence des voies et de certains parcours cyclables.

Cette permanence est rendue possible du fait de l'absence de barrière physique en simplifiant les services de gestion de la voirie en plus d'une élimination des coûts associés aux opérations saisonnières d'installation et de démantèlement des barrières (VéloQuébec, 2005).

Tableau 1-2 Offre cyclable actuelle à Montréal

Type d'aménagements	Offre (Km)
<u>Pistes cyclables - type I</u> : solution prônant une totale ségrégation entre les cyclistes et la circulation motorisée. Plus adaptée aux itinéraires récréatifs et touristiques.	323
<u>Bande cyclable - type II</u> : voie aménagée du côté droit de la chaussée, entre la voie de stationnement (si elle existe) et celles réservées à la circulation automobile. Elle peut être bidirectionnelle sur les rues à sens unique avec un DJMA faible.	14
<u>Chaussée désignée - type III</u> : des voies partagées par cyclistes et automobilistes sans délimitations physiques et délinéateurs. Les cyclistes opèrent comme un véhicule motorisé. Les normes en vigueur recommandent une largeur additionnelle des voies afin d'accommoder le partage de voies par l'ensemble des usagers autorisés (normes MTQ et ATC).	35

Le Tableau 1-2 résume la classification, les caractéristiques et l'inventaire des solutions offertes à Montréal (Jolicoeur, Dumesnil et Poirier, 2006). À Montréal les chiffres du tableau ne sont plus du même ordre et ont beaucoup évolué depuis cette publication. Car les nouveaux aménagements font une part plus grande aux types II et III, qui sont plus adaptés à l'insertion dans une trame urbaine déjà consolidée. Par contre, ces solutions d'aménagements amènent avec elles de nouvelles problématiques liées au partage de la

voirie publique et qui compliquent la gestion des emprises routières publiques. Donc, les résolutions des conflits d'usage nécessiteront un apprentissage obligatoire de nouvelles règles pour ce partage.

1.2.2 Perspective du développement des infrastructures cyclables à Montréal

Comme annoncé au paragraphe précédent, on constate de plus en plus à Montréal que les nouveaux aménagements sont les types nécessitant un partage de la chaussée. Ce fait s'explique en grande partie qu'au centre-ville de Montréal et dans les arrondissements limitrophes, le cadre bâti laisse peu de choix d'aménagements (zonage inapproprié au site propre intégral) à toute nouvelle implantation de facilités cyclables. Pour rendre le centre-ville plus accessible aux cyclistes, elles sont de plus en plus aménagées sur la voirie publique (types II et III) et surtout sur les éléments du réseau artériel municipal. Les rues locales s'y prêtent mal à l'aménagement de voies cyclables à cause de largeur d'emprise souvent inappropriée et sont souvent enclavés à l'intérieur des quartiers résidentiels. Donc, elles manquent deux caractères essentiels : continuité et connectivité, qui sont indispensables au développement de réseaux et de corridors cyclables.

Parmi les caractères du réseau artériel⁶ (artères principales, artères secondaires et collectrices), il y en a deux spécificités qui facilitent l'hébergement de ces types de voies cyclables :

- des emprises plus larges comparées aux rues locales (pour permettre une ou plusieurs voies de circulation par direction et de dimension conforme aux normes, et au besoin une voie de stationnement);

⁶ Le réseau artériel est basé sur une classification définie par le ministère des Transports du Québec en collaboration avec les communautés urbaines. Cette classification est nommée réseau routier hiérarchisé et comprend les autoroutes, artères principales, artères secondaires, rues collectrices et rues locales.

- leur maillage recèle les potentialités (plus court chemin et peu de détour) à l'établissement de trajets à destination des grands générateurs de déplacements (surtout le centre-ville).

Dans le cadre de ce travail, les nouveaux aménagements cyclables se réfèrent toujours aux types II et III, sauf si préciser autrement. De plus, en n'ayant pas de barrière physique entre les automobiles et les cyclistes, les différents modes sont en interaction continue.

1.2.3 Les défis au développement de voies cyclables urbaines

Eclatement du tissu urbain

Les actions conjuguées des lobbies de la voiture et des développeurs résidentiels ont fait que les pôles d'habitat se sont éloignés considérablement de ceux des activités économiques et de production. De ce fait, les déplacements utilitaires se sont allongés et les rendent captifs des modes de transport motorisé (part plus grande à la voiture privée). D'autres facteurs méritent aussi d'être soulignés pour leur contribution à cet éclatement du tissu urbain, tels que : un enrichissement des ménages et une plus grande facilité d'acquisition de la voiture particulière (production de masse), etc. Ce qui empêche au mode vélo de valablement concurrencer l'automobile comme moyen de déplacements pour les motifs travail et étude.

Concurrence avec l'automobile

Les effets conjugués de l'étalement urbain ont conduit à la ségrégation des principaux usages de sol et ont aussi entraîné une plus forte motorisation des déplacements et une sédentarisation des modes de vie. De ce fait, l'automobile prend de plus en plus place dans les déplacements journaliers des ménages et ce tous motifs confondus. Elle ne laisse presque aucune place aux autres modes en Amérique du Nord. Contrairement à ce qu'a vécu l'Europe, la pratique du vélo utilitaire a été dénigrée en Amérique du Nord depuis la fin de la seconde guerre et de la grande dépression. Au point même qu'elle soit classée comme activité sportive, de loisir ou un moyen de transport pour les pauvres, incapables de se payer une voiture (Forester, 2007 ; Pucher et Dijkstra, 2000).

La sécurité du transport actif

La sécurité des usagers du transport actif occupe une place de choix dans l'énumération non exhaustive de facteurs qui singularisent les villes canadiennes en Amérique du Nord, comme

ci-avant mentionné. Elle est l'un des facteurs essentiels à une croissance de la mobilité active (marche et vélo). Elle n'est pas seulement l'affaire des cyclistes mais aussi de tous les autres usagers partageant la voirie publique. Pucher et Dijkstra (2000) ont démontré qu'une amélioration de statistiques sur la sécurité des déplacements renforce souvent la position de la mobilité active, même dans les villes réputées conviviales aux usagers vulnérables. L'aspect sécuritaire est à la fois un enjeu de santé publique et d'économie, car l'insécurité en transports et en déplacements urbains (fréquence élevée et gravité d'accidents) est coûteuse : en dépenses additionnelles pour le réseau de santé publique, en pertes de vie et de productivité et avec en plus les autres coûts sociaux collatéraux.

Dans cette même lignée, une recherche portant sur le système d'acteurs dans le transport actif des enfants relie les causes du déclin du transport actif en milieu scolaire aux soucis des parents pour la sécurité de leurs enfants sur le chemin de l'école. En étant perçu comme moins sécuritaire, le transport actif en Amérique du Nord s'en trouve déclassé dans les choix de modes de déplacement des parents (Lewis et al., 2008 ; Morency et Demers, 2009).

La perception du danger ne semble pas être liée à la pratique en soi du vélo, mais plutôt à l'environnement urbain (Pucher et Dijkstra, 2000). Il ne permet pas aux groupes les plus vulnérables de s'adonner à la pratique du vélo en toute quiétude. La cité d'aujourd'hui est conquise par la circulation motorisée et ses mutations obligatoires et continues sont plus souvent alignées sur la nécessité d'une fluidité maximale des transports de biens et de personnes. Donc, l'insécurité serait en grande partie due au fait de la grande dépendance à l'automobile, avec pour corollaire une pression toujours croissante de la circulation motorisée sur les quartiers (Lewis et al., 2008). En conclusion, le développement du transport actif semble éprouver de la difficulté à pédaler dans ce contexte socioéconomique favorable aux véhicules motorisés et leur expansion ne pourrait qu'être directement tributaire d'un renforcement du sentiment de sécurité chez les piétons et les cyclistes.

Sécurité des cyclistes : des données trop approximatives

Quand on parle de sécurité routière, les informations les plus scrutées sont celles concernant les accidents de la route impliquant les véhicules motorisés. C'est comme si le bilan routier ne concerne au prime abord que les automobilistes. La difficulté vient du fait que les bases de données officielles peinent à recenser les accidents cyclistes afin de pouvoir analyser toutes les facettes de la problématique (Veisten et al., 2007). Donc, les recherches sur

certaines thématiques du sujet sont soit impossibles ou difficilement réalisables avec de faibles moyens (Krizek *et al.*, 2007). Ce déficit d'informations argumentées visant à éclairer le public semble laisser trop de place aux impressions et à la perception. Ce qui peut constituer un frein à un usage plus large du vélo comme mode de transport à part entière, surtout par les jeunes et les écoliers (Lewis *et al.*, 2008).

1.2.4 Un aspect crucial du développement cycliste

Les deux derniers défis au développement de réseaux cyclables sont les facteurs les plus déterminants et sur lesquels on peut avoir le plus de prise. Il y a lieu de croire que le plan de transport la Ville de Montréal soit très conscient de la prévalence de l'aspect sécuritaire, vu l'emphase mise sur les facteurs liés à la protection des usagers les plus vulnérables. Cette volonté est aussi affichée par les stratégies prévues pour une amélioration de l'information et de la communication envers la population; en plus d'être simultanément couplées à un développement continu d'aménagements cyclables selon les pratiques reconnues comme étant une des priorités pour rendre la ville à ses habitants.

La volonté affichée du plan de transport de doubler les infrastructures cyclables, tous types confondus, par une croissance de l'offre aux différents types d'usagers (récréatifs et utilitaires) est un vent favorable au transport actif. Une telle priorité ne serait possible que par une plus grande mise à contribution des aménagements cyclables qui ne sont pas en site propre (piste cyclable). Ces derniers permettent une meilleure accessibilité aux principaux attracteurs de déplacement de l'agglomération montréalaise. Mais la mise en service de ces nouveaux types d'aménagements visant plus d'accessibilité, en raison de contraintes spatiales, exigent un nouveau type de partage de la voirie publique. N'est-il pas temps de se poser des questions sur l'aspect sécuritaire de ces nouveaux types d'aménagements à partir des premières données d'accidents disponibles?

Une analyse des accidents impliquant les cyclistes constituerait, à cette étape charnière qu'est la phase de pleine implantation des visées du transport actif du plan de transport, une démarche importante et nécessaire pour une lecture éclairée des effets des aménagements cyclables partageant la chaussée sans barrière physique.

Cette analyse permettrait au besoin d'anticiper les mesures de modération nécessaires à dissiper les craintes latentes du public en général et au possible faciliter les choix de corridors d'implantation.

Ainsi, ce travail s'oriente vers des réponses à des questionnements tels que : les infrastructures cyclables (voies cyclables sur rue) qui obligeraient une mixité de la circulation, sont-elles vraiment plus dangereuses que celles qui sont en site propre (non intégral)? Si elles le sont, quelles sont les variables qui influencent plus cette dangerosité? Dans ce travail, la dangerosité des infrastructures cyclables partageant la chaussée est exprimée par la fréquence des accidents, la tendance à court et moyen termes en fonction de l'évolution de l'offre et de l'évolution des différents types (gravité et dommage)⁷ d'accidents..

C'est en gros l'intérêt de cette étude qui se portera sur la dimension de la problématique liée à l'effet du partage de la voirie. Les accidents à analyser sont ceux qui ont lieu du fait de l'interaction des modes motorisés (voitures, camions, etc.) et actifs (vélo). Ce qui du même coup écarte tous les accidents survenus sur les aménagements autres qui ne sont pas sur la voirie publique et éloignant les trajets des différents modes. Ces aménagements, en étant plus habituellement connotés loisirs et récréo-touristiques, sont séparés de la circulation motorisée, et ont peu d'incidences sur le sentiment de la sécurité des usagers et aussi sur l'accessibilité à Montréal, le vélo utilitaire ou l'attraction de nouveaux usagers.

1.3 QUESTIONS DE RECHERCHE ET HYPOTHÈSES

Un simple coup d'œil sur les données appuyant les objectifs du plan de transport de Montréal confirme la croissance de l'offre cyclable et son expansion projetée, tous les types confondus. La Figure 1-1 et des présentations du plan de transport 2008 de la Ville de Montréal (Montréal, 2008) illustrent ces faits et montrent aussi un développement plus rapide des voies cyclables en partage de la voirie publique (types II et III). Ils sont plus aptes pour la

⁷ Gravité : blessures légères, graves et mortelles. Dommage : matériel et à la propriété.

consolidation du réseau cyclable par des trajets utilitaires et du même coup la satisfaction des besoins exprimés de mobilité et d'accessibilité.

Cette démarche est très cohérente et très efficace dans la lutte contre les inconvénients du transport motorisé individuel et met à portée les bénéfices du transport actif.

Un réseau utilitaire n'est très achalandé que s'il raccorde le plus possible les lieux générateurs de flux (centres d'activités commerciales, industrielles et de loisirs) et les bassins d'utilisateurs, en plus d'établir des parcours agréables. Pour être efficaces, ces trajets doivent exiger du cycliste un effort minimal (Boivin *et al.*, 2003). Ces considérations alliées à la structure urbaine de Montréal plus propice aux aménagements cyclables des types II et III vont déterminer une concentration de flux cycliste sur les éléments cyclables localisés sur le réseau artériel.

Les artères du réseau routier municipal sont aussi les plus fréquentées par les véhicules motorisés du fait qu'elles sont soit des pénétrantes ou des axes privilégiés pour le trafic pendulaire. Donc, elles sont plus susceptibles que les rues locales de connaître une circulation à vitesse plus élevée (en hors pointe, pas de congestion), des manœuvres de stationnement, d'embarquement ou de débarquement, une fréquentation de circulation lourde, etc. Ainsi, on doit s'attendre inévitablement à une plus grande exposition au risque des cyclistes; à la fois quantitative (plus de déplacements et plus de cycliste*kilomètre), spatiale (plus de points de conflits sur le réseau) et temporelle (des déplacements plus long et plus souvent).

Un mode d'opération rendant possible le partage de la chaussée est toujours un défi de sécurité routière du fait des points de conflits et de l'inadéquation des dynamiques entre les modes. De tels enjeux doivent être pensés adéquatement, sinon ils déclencheraient possiblement une augmentation du nombre d'accidents impliquant les usagers les plus vulnérables en l'occurrence les cyclistes, surtout aux points de discontinuités (Krizek et Roland, 2005). La persistance de telles situations créerait des frustrations et des malaises sur les routes qui à leurs tours amplifieraient le mal, surtout s'il s'agit d'une tendance lourde et non d'une situation passagère (hausse spontanée après une mise en service). D'où la nécessité de ne prendre en compte que la persistance d'un phénomène d'insécurité pour parler de situations alarmantes ou de niveau de risque inquiétant. Quand les tendances sont

statistiquement significatives, des sections d'aménagements pourraient même être classées en zones accidentogènes.

En revenant sur les caractéristiques propres des éléments du réseau artériel, ils ne sont pas particulièrement risqués, mais ils sont les plus achalandés (usages de sol commercial, circulation piétonne). Les accidents localisés sur les voies cyclables hébergées sur ces liens routiers urbains sont plus visibles et ce, en raison de leur plus grande fréquentation. Ils perdraient du même coup leur aspect d'un fait de la circulation pour devenir des objets à grande exposition médiatique.

En associant un niveau de risque plus élevé à une fréquence élevée d'accidents avec une forte proportion de cas graves en récurrence, la question générale de recherche est :

Les infrastructures cyclables aménagées sans une séparation physique sur la chaussée à Montréal constituent-elles pour les cyclistes, après trois années de données d'accidents cyclistes depuis leur mise en service, un environnement de transport plus dangereux, soit en fonction de la gravité ou de la distribution spatiale des accidents, que celles qui sont en site propre?

Un environnement de transport dangereux est défini dans ce mémoire comme des infrastructures sur lesquelles sont localisés à la fois par une poussée soutenue d'accidents et une plus grande sévérité des dommages corporels ou aussi bien que dans leurs aires d'approches. Il faut tout de suite établir une différence entre un phénomène persistant et une poussée conjoncturelle. La persistance se caractérisait par une croissance du nombre d'accidents localisés directement sur ces types d'aménagements ou dans leur voisinage suite à leur mise en service et surtout ne disparaît pas avec le temps. Tandis que dans un cas conjoncturel, la poussée disparaît avec le temps, cet effet peut avoir comme explication une double conséquence : une attraction et une concentration de cyclistes. Cette conjonction de faits rend plus probable les accidents de cyclistes le long des nouveaux corridors cyclables sur rue (Smith Jr. et Walsh, 1988) ou dans leurs périmètres immédiats, et ce beaucoup plus qu'ailleurs. Et dans ce cas il faudrait plus faire mention d'une insécurité relative.

Dans la même veine, il y a aussi un phénomène associé à ne pas sous-estimer. Les trajectoires de ces nouveaux aménagements sont dans des emprises plus achalandées et dilatent les scènes d'accidents par une plus grande exposition (effet de vitrine) et du même

coup une plus grande visibilité. Un article publié dans le quotidien La Presse de Montréal illustre assez bien cette dimension, où un accident impliquant un cycliste a été filmé et transmis à la police suite au délit de fuite du chauffeur (Côté, 2009). De tels faits frappent l'imagination et produisent des effets de perception hors proportion.

La question principale ne pourra être validée que par la conjonction des facteurs ci-dessus mentionnés, et qui soulèverait les questions spécifiques suivantes :

- ▀ S'il y a une augmentation dans la fréquence, la gravité des accidents et un changement dans la distribution spatiale, est-elle conjoncturelle ou permanente?
- ▀ Est-ce une tendance, en fonction de la série de données après la mise en service, qui semble se perdurer ou un phénomène passager?
- ▀ Finalement, le patron d'accidents des nouveaux aménagements montre-t-il des caractéristiques très différentes de celui des facilités qui font partie depuis plus longtemps du paysage urbain de la ville de Montréal?

Les réponses à ces questionnements aideront à se prononcer sur l'équilibre de sécurité lié au partage de la voirie publique au terme du doublement de l'offre actuelle d'infrastructures cyclables.



Aménagements cyclables existants en 2009 sur l'île de Montréal

1.1

Les impacts des aménagements cyclables à même la chaussée sur la sécurité routière à Montréal

Si la réponse à l'interrogation principale est négative, elle signifierait valablement que le nombre d'accidents n'est pas forcément en hausse et la sévérité des cas n'est pas plus alarmante en termes de santé publique. Ainsi, on pourrait faire l'hypothèse que toute augmentation est passagère et disparaîtrait avec l'adaptation des usagers aux nouveaux aménagements. Sachant que les évidences statistiques n'ont pas forcément une grande prise sur la perception publique, cela prendrait beaucoup de temps pour effacer la persistance d'une quelconque idée associant les nouveaux aménagements et une plus grande dangerosité.

La perception pourrait être alimentée par un effet de concentration de cyclistes et par ricochet du nombre d'accidents les impliquant sur ces corridors. Dans le cas particulier de Montréal, il signifierait aussi que les objectifs d'accessibilité aux générateurs importants du centre-ville, vu le caractère établi de la structure urbaine de Montréal plus compatible aux voies cyclables sur rue, sont atteints et les nouveaux aménagements attirent les habitués de la pratique du vélo.

En réponse à ces questions, certaines hypothèses peuvent être avancées :

- ▶ H1 : Les rues hébergeant les nouveaux aménagements cyclables ne seraient pas le théâtre d'une croissance des accidents impliquant cyclistes et automobilistes ;
- ▶ H2 : En considérant un même périmètre, les nouveaux aménagements cyclables draineraient en partie les déplacements environnants. Donc, il pourrait en résulter suite à leur mise en service une croissance conjoncturelle et une nouvelle distribution spatiale des accidents et ainsi donner l'impression d'une plus grande dangerosité, même en situation de stabilité et de réduction locales de ce type d'accidents ;
- ▶ H3 : Le patron (distribution spatiale, fréquence, gravité, etc.) des accidents sur les nouveaux aménagements cyclables ne diffère nullement de celui qui avait prévalu sur les premières solutions d'aménagements cyclables expérimentées à Montréal.

1.4 CONTRIBUTION AU PROGRES DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET PERTINENCE SOCIALE

La Ville de Montréal a pu à deux reprises se distinguer en méritant le titre de meilleure ville cyclable dans la catégorie des villes de plus d'un million d'habitants⁸. Cette double présence à ce palmarès est le dividende d'un patrimoine urbain favorable au transport actif. En tenant compte des bénéfices associés à la pratique du vélo, toute initiative visant à l'encourager devrait trouver un écho favorable dans une communauté. D'autant qu'actuellement, en plus du combat contre l'autosolisme⁹, on voudrait encourager une plus grande utilisation des modes actifs par les jeunes de l'école primaire et du secondaire (Morency et Demers, 2009).

Même avec tous les vents favorables, le financement des aménagements cyclables sera moins déterminant à leur promotion que les coûts sociaux et économiques qu'engendreraient les accidents liés à la présence de cyclistes sur le réseau routier. Ce déficit de tolérance face à ce type d'accidents est une des différences majeures entre les activités cyclistes et la marche. Une promotion de la marche est moins vulnérable à de tels effets, une hausse d'accidents impliquant les piétons est moins susceptible de provoquer une levée de bouclier contre une campagne de promotion de la marche. La réponse à un nombre d'accidents plus élevé de piétons est plus traditionnelle, la population exigerait des autorités concernées des actions correctives appropriées, car marcher est une activité humaine fondamentale, soit comme interconnexion modale ou le choix ultime des non motorisés.

C'est pour cela, tout emballant que puissent être de tels projets et politiques publiques, que des stratégies claires et anticipées faciliteraient leur mise en œuvre. Elles devraient entre autres tenir compte du seuil de tolérance du public face aux accidents, les issues à d'éventuelles hausses du nombre d'accidents (Barnes, Thompson et Krizek, 2006) après une

⁸ Ville de Montréal, 2008. Réinventer Montréal – Plan de transport 2008.

⁹ Utilisation de la voiture sans passager (Ulster, 2008).

mise en service de récents aménagements, etc. Autant de préoccupations qui, si non anticipées, inhiberaient l'attraction de nouveaux usagers. Tout aussi importante serait une estimation des impacts des accidents sur le système de soins de santé et ceux des dommages collatéraux subis par les victimes et leurs proches et les répercussions sur de telles politiques publiques.

C'est à ce niveau que prend toute son importance une meilleure compréhension de la dimension sécuritaire qui ne peut être issue que d'explications éclairées des données d'accidents rapportées aux activités cyclables. Une analyse des accidents constatés suite aux premiers aménagements d'infrastructures cyclables serait une sérieuse contribution à beaucoup d'interrogations et permettrait une expansion maîtrisée de l'offre tant en qualité qu'en quantité. C'est en effet, dans cette optique que ce travail se propose d'analyser les impacts du partage de la voirie publique par les infrastructures cyclables sur rue à Montréal sur la sécurité routière et qui force obligatoirement un apprentissage de partage aux usagers de la route.

Le prochain chapitre sert à trouver dans la littérature existante en lien avec cette problématique de l'activité cyclable en milieu urbain des exemples théoriques et empiriques pour étayer les concepts énumérés dans la formulation des questions et hypothèses de ce travail.

CHAPITRE 2

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Une recension de la littérature sur les accidents impliquant des cyclistes ne saurait être aussi étoffée que si elle était consacrée aux accidents impliquant des véhicules motorisés. En effet, le transport des personnes et des biens reste encore, dans les pays développés, dominé par l'automobile. Ainsi, pour faciliter l'expansion du mode de transport par des véhicules motorisés, les recherches ont porté surtout sur les aspects entourant l'utilisation de l'automobile. Sans minimiser l'émergence des forces poussant à l'utilisation des modes doux qui sont encore sur leur lancée, ce sont des enjeux autres que la sécurité routière et l'économie qui obligent timidement à reconsidérer l'idée voulant que l'expansion économique est automobile ou elle ne l'est pas.

Dans la littérature sur les accidents de la route, les dimensions les plus abordées de la problématique des impacts des cyclistes sur la sécurité routière sont les suivantes :

- le portrait des accidents, des victimes et la distribution spatiale;
- les impacts socioéconomiques des accidents;
- le rôle des infrastructures routières et le voisinage des sites sur les accidents;
- et dans une moindre mesure, l'effet des aménagements cyclables sur l'achalandage.

2.1 PORTRAIT DE LA LITTÉRATURE SUR DES ACCIDENTS IMPLIQUANT DES CYCLISTES

Les catégories d'études consacrées à la recherche sur les accidents de la route impliquant les cyclistes sont jusqu'à aujourd'hui assez restreintes. Les recherches se concentrent majoritairement sur les aspects suivants :

- des analyses sur le nombre des accidents, leur fréquence ou le taux d'accidents selon le type d'utilisateurs;
- des études sur les catégories (groupes d'âge, sexe, motifs, etc.) de cyclistes les plus impliqués dans un type particulier d'accidents;

- des recherches sur la sévérité des accidents (mortels, avec blessés graves ou légers, dommages matériels, etc.).

Un grand nombre de ces études datent des années 1990 et analysent des données de cette période ou antérieures. Elles sont souvent rendues possibles par l'existence de données secondaires des banques d'informations créées, à d'autres fins et sous l'impulsion favorable de la tendance des années 1990, en complète synergie avec les préoccupations d'alors qui étaient d'exploiter la sympathie ambiante très propice à une plus grande utilisation du vélo. Leurs objectifs étaient de fournir une direction éclairée et aider à l'implantation des programmes d'éducation et d'information des politiques publiques favorables aux aménagements cyclables. Déjà à cette époque, la sécurité routière était bien présente chez les promoteurs des modes actifs (Depreitere *et al.*, 2004).

Les résultats provenant de ces études se sont révélés très utiles et ont été confirmés plus tard par d'autres plus récents. Par exemple, les études analysant la gravité des accidents ont eu comme principale application pratique : la promotion du port du casque obligatoire.

Elles ont permis entre autres d'établir un portrait de la distribution spatiale des accidents, une représentation des groupes d'âge et en plus de fonder les observations suivantes :

- pour les accidents impliquant des cyclistes, 60 à 80 % sont des collisions avec un véhicule motorisé (Fortier *et al.*, 2009 ; Günther *et al.*, 1999);
- de 56 à 70 % des accidents surviennent aux points de jonction des routes et 75 % sur les routes à vitesse affichée inférieure ou égale à 50 km/h (Stone et Broughton, 2003);
- deux groupes d'âges sont surreprésentés dans la compilation des accidents : les adolescents pour les accidents impliquant les véhicules motorisés et les personnes âgées pour les accidents du type chute et collision avec des objets fixes (Depreitere *et al.*, 2004);
- les accidents sont aussi fréquents sur les rues locales que sur les artères à vitesse affichée plus élevée (Kim *et al.*, 2007 ; Klop et Khattak, 1999 ; Meuleners, Lee et Haworth, 2007).

2.2 IMPACTS ÉCONOMIQUES DES ACCIDENTS ET CONTEXTES SOCIAUX

Les recherches les plus récentes se sont diversifiées et ont abordé des problématiques moins concentrées sur la route et les lieux d'impacts. Par exemple, la recherche sur l'estimation des coûts des accidents avec blessures en Norvège (Veisten et al., 2007) dans laquelle les auteurs se sont appliqués à démontrer la limite des données officielles à fournir une réponse tranchée sur de telles thématiques. Le nombre de victimes et la gravité de leurs blessures déterminent prioritairement l'estimation des coûts sur la société, car les autres facteurs sont plus maitrisables. Ils ont proposé une alternative en montrant que les données des hôpitaux, de police et du pays correspondent à une même distribution, ce qui permet d'estimer la sous-évaluation des données officielles. La portée de cette étude va au-delà de l'évaluation des coûts des accidents du fait que cette démarche est aussi appropriée pour des études comparatives sur les bénéfices et les coûts de la pratique du vélo. La méthode d'estimation permet de pallier, à la déficience des bases de données officielles, une des limites des études sur cette problématique.

D'autres d'études telle celle de Pucher, Komanoff et Schimek (1999) comparent les paramètres de site différenciant les villes et les régions européennes des villes nord-américaines sur la pratique du vélo. Ils concluent que beaucoup de pays européens ont mis de l'avant des politiques d'aménagements plus enclines à faciliter les déplacements cyclistes. Les conclusions de ces études doivent être considérées avec beaucoup de discernement par le fait même de la différence des structures urbaines de part et d'autre de l'Atlantique. Par exemple, les villes européennes n'ont pas subi les politiques de promotion de la voiture particulière et le déplacement des ménages vers la banlieue et les couronnes éloignées des centres traditionnels.

Ce phénomène d'étalement urbain a été rendu possible par une plus grande motorisation des ménages. Il devient de plus en plus évident que toute amélioration du temps de déplacement est utilisée pour s'éloigner des grands centres où se concentrent les opportunités d'emploi et les activités économiques et industrielles (Crozet et Joly, 2006). De ce fait, les déplacements utilitaires se sont allongés et les rendent captifs des modes de transport motorisé (part plus grande à la voiture privée). Ces effets conjugués ont conduit à la ségrégation des principaux

usages de sol et ont aussi entraîné une plus forte motorisation des déplacements et une sédentarisation des modes de vie.

Une autre recherche de Pucher (2006) est plus appropriée pour une comparaison de site, puisqu'elle établit un parallèle entre les villes canadiennes et américaines. Ces contextes urbains sont plus ou moins comparables et les données analysées ont montré que les canadiens sont plus portés à faire du vélo utilitaire que les américains, tout en étant situés plus au nord. Ainsi, ils attribuent ce fait aux différences sociales, politiques, économiques et surtout à la structure urbaine qui prévaut de part et d'autre de la frontière.

2.3 LIMITES DE LA PREMIÈRE PARTIE DE LA REVUE DE LITTÉRATURE

Certaines lacunes amenuisent la portée des conclusions des recherches précédentes. Elles méritent d'être soulignées ainsi que les mesures correctives considérées pour pallier aux principales faiblesses des conclusions.

Faiblesses et difficultés :

1. Il faut constater que les études se butent souvent sur des difficultés à l'opposé du contexte de recherche sur les accidents de la route impliquant les véhicules motorisés, plus caractérisé par la disponibilité de grands gisements de données. Les bases de données officielles peinent à recenser les accidents impliquant les cyclistes. Ce déficit rend difficile l'analyse de toutes les facettes de la problématique des accidents liés à l'interaction entre vélos et automobiles. Elles ne rassemblent que ceux avec dommages corporels importants exigeant une intervention d'un centre hospitalier ou matériels faisant intervenir les assurances. De ce fait, les accidents cyclistes sont considérés comme des cas mineurs et banals et sont sous-représentés. Donc, les recherches sur certaines thématiques du sujet sont soit impossibles ou difficilement réalisables avec de faibles moyens. Des mesures de correction sont développées pour évaluer la sous-représentation des enregistrements officiels (Meuleners, Lee et Haworth, 2007 ; Welander et al., 1999) et il y a une unanimité à reconnaître que très peu de recherches pourraient se contenter des données d'une banque unique.

2. Les informations sur les accidents cyclistes sont fragmentaires quant au territoire de couverture ou du type d'usagers (groupe spécifique ou zone géographique limitée). Les sources les plus fiables restent les banques d'informations officielles (police, agences spécialisées, etc.) et les archives des services de santé. Ces statistiques, si elles sont souvent très fiables, sont aussi très cloisonnées, plus représentatives d'un secteur géographique ou d'une juridiction locale, d'où la nécessité pour les chercheurs de combiner diverses sources afin d'arriver à des estimations satisfaisantes (Veisten et al., 2007). Cette caractéristique oblige les chercheurs à mettre l'emphasis sur les biais liés à la collecte des données et sur la justification de la représentativité des échantillons.
3. La difficulté d'amasser les données d'accidents sur les cyclistes n'est pas un phénomène ignoré ou minimisé. Il y a une volonté à y remédier et les différentes propositions témoignent l'énormité de la tâche. À ce titre, il faudrait considérer les suggestions faites par le Département de Transport (DOT) du Minnesota pour une amélioration dans la collecte de ces données (Krizek et al., 2007). Ce rapport a abondé dans le sens d'une plus grande sensibilisation du public à rapporter systématiquement tous les accidents. Et pour y parvenir, il a suggéré des modifications aux procédures et des allègements dans les formulaires de déclaration, surtout à « l'âge de l'accès » symbolisé par l'Internet.
4. Une autre dimension tout aussi essentielle à une meilleure compréhension de la sécurité des cyclistes est la notion d'exposition au risque. Elle indique le niveau de l'activité cycliste dans une région, soit par individu ou par groupe d'usagers. Cette information est cruciale pour se prononcer sur la sécurité des usagers du transport actif. Un nombre d'accidents ne peut être considéré comme élevé sans avoir les informations sur le nombre de cyclistes, le temps consacré ou la distance parcourue. Ce fait explique qu'une même fréquence d'accidents n'a pas la même signification dans des contextes d'exposition au risque différents. L'interprétation des chiffres diffère s'il s'agit du milieu rural ou urbain, car la pratique du vélo est différente (nombre de cyclistes et le kilométrage parcourus différents) et donc une exposition au risque qui n'est pas toujours de niveau comparable.

Pistes de solutions aux faiblesses constatées :

Les recherches déploient beaucoup d'ingéniosités afin de contrer les difficultés liées à l'insuffisance des données disponibles sur les accidents impliquant les cyclistes d'une part et l'achalandage. Un état de fait lié en grande partie à une collecte inefficace des données sur ce type particulier d'accidents de la route. À cet effet, il convient de souligner cette méthode de collecte utilisée dans une étude devant comparer les différents types d'infrastructures cyclables afin de pallier aux difficultés de base de données (Aultman-Hall et Hall, 1998). Les données supportant l'étude ont été collectées à posteriori, en ciblant la population et le territoire. Cette circonscription dans le temps (des incidents encore présents dans la mémoire) et dans l'espace (un recoupement plus facile entre banques d'institutions plus localisées sur un territoire limité) permet de disposer de données plus complètes. Quoique partielles, leurs conclusions ont permis de valider des études semblables sur des populations et des territoires différents.

Cette absence de base de données nationale et complète recensant tous les accidents impliquant des cyclistes laisse certains débats inachevés. Par exemple, sur quels types d'infrastructures le cycliste est plus à risque, sur route ou hors route? Dépendamment de la région ou de la population d'étude, les conclusions sont changeantes et contradictoires (Aultman-Hall et Kaltenecker, 1999 ; Meuleners, Lee et Haworth, 2007). Pour certaines recherches, les infrastructures sur rue sont moins à risque tandis que pour d'autres, les aménagements en site propre sont moins risqués pour les cyclistes.

Quant à l'exposition au risque, des propositions pour la mesure ont été considérées soit directement ou déduites indirectement. Les mesures directes l'évaluent à partir des principaux indicateurs qui sont : nombre de cyclistes dans une région, nombre de déplacements suivant une unité de temps, distance parcourue ou le temps mis à pratiquer cette activité, etc. Une mesure directe est plus facile sur un territoire peu étendu. La difficulté s'accroît avec la taille du territoire et les mesures indirectes deviennent plus appropriées pour son approximation.

Les mesures indirectes proposent une évaluation à partir des données sociodémographiques (population, emplois disponibles) et l'usage de sol (densité, les commerces de détail). Ce raisonnement se fonde sur le postulat que les déplacements par transport actif sont souvent

plus courts que ceux faits en modes motorisés. De ce fait, ils sont plus probables en milieu très dense, en situation de mixité fonctionnelle et des emplois de services abondants à proximité des quartiers résidentiels. Cette affirmation doit inviter à la plus grande prudence. Les enquêtes sur les ménages montrent aussi que même en situation où beaucoup de déplacements sont courts, ils ne suscitent pas pour autant le renforcement de la part modale du transport actif. Les facteurs physiques sont aussi importants pour compléter la mesure indirecte de l'exposition au risque, par exemple les types de route, le débit journalier moyen de véhicules, le mode de contrôle des intersections, la vitesse affichée, etc. Certaines de ces informations ne sont pas toujours disponibles tandis que d'autres ne sont jamais très faciles à obtenir (Krizek et al., 2007).

Il nous faut mentionner aussi que les données de comptage de circulation aux carrefours donnent une bonne estimation de l'activité cycliste, mais pas le risque encouru tel qu'il serait exprimé par l'exposition au risque. Ce type relevé n'indique que le flux localisé de cyclistes traversant une intersection, mais est incapable de donner la moindre idée sur l'itinéraire et l'environnement des parcours. Il en est de même des données d'estimation de demande calculées à partir des paramètres sociodémographiques. Étant trop statiques, elles n'intègrent pas les variables de chemin parcouru et du voisinage traversé par le cycliste dont leurs paramètres physiques ont des incidences non négligeables sur le risque encouru par les usagers.

Ces différentes propositions visent toutes à repousser les limites des connaissances sans toutefois combler le fossé. Les enquêtes très ciblées représentent un effort remarquable pour une estimation rapide, même si les conclusions de ces études sont encore empreintes d'un caractère local.

En conclusion, ces recherches quoique très générales ne sont pas sans importance, car leurs conclusions facilitent l'explication et la compréhension des observations. C'est à ce titre qu'elles sont d'une grande importance à ce travail qui s'intéresse à dresser un portrait de la situation actuelle à partir des statistiques d'accidents pour mieux établir d'éventuels impacts de sécurité des nouveaux aménagements cyclables à Montréal. Il faudrait ajouter que les études les moins récentes présentent un portrait plus représentatif de l'usage récréatif du vélo et aussi des voies en site propre.

2.4 RÔLE DES INFRASTRUCTURES ET DE LEUR ENVIRONNEMENT SUR LES ACCIDENTS

Sans minimiser l'importance des premières études, une autre catégorie de recherches est plus centrée sur les caractéristiques propres des infrastructures cyclables comme déterminant des accidents et du partage modal. Ces études visent avant tout la compréhension d'éventuels liens de causalité entre sécurité et infrastructures cyclables, mais leur but n'a pas été une remise en question des paramètres de conception et les recommandations des normes. Même s'il y a toujours de la place à l'amélioration en termes de conception d'éléments routiers, les aménagements cyclables desservant le public suivent toujours les bonnes pratiques reconnues. Donc, l'insécurité liée à des dimensionnements inadéquats est écartée rendue à cette étape. Les études considérées visent à évaluer la possibilité que des choix de sites d'aménagement ou des combinaisons de facteurs physiques en rive des parcours et trajets cyclables puissent être accidentogènes.

D'entrée de jeu, il faut mentionner deux études intéressantes menées en Australie et à Ottawa (Aultman-Hall et Hall, 1998 ; Meuleners, Lee et Haworth, 2007). Elles ont mis en lumière l'influence des infrastructures et des usages de sol sur la fréquence des accidents. Leurs conclusions montrent que les zones métropolitaines et les routes à circulation élevée sont plus risquées pour les cyclistes. Elles n'ont pas mentionnées si les cyclistes sont sur des aménagements cyclables ou non, ou s'ils partagent d'une façon ou d'une autre la voirie publique. Ces travaux sont plus éclairants pour les aménagements cyclables hors route, qui somme toute selon ces études, ne sont pas moins dangereux en termes de morbidité hospitalière.

De son côté, Pucher (2001) a analysé les variables telles que la localisation, le voisinage, les usages du sol et autres éléments d'ambiance comme dimensions, afin de mesurer si elles sont susceptibles de concourir à un risque plus élevé d'accidents. Il les a appliquées à la comparaison entre les deux grandes catégories d'infrastructures cyclables (sur route ou hors route) en fonction des données d'accidents disponibles. Ses conclusions appuient l'idée que les aménagements cyclables sur rue et les traitements aux carrefours facilitant les cyclistes sont de nature à améliorer la sécurité et à faciliter le partage des rues entre automobilistes et cyclistes. Aucune mention sur le type de séparation entre les modes, ce qui permet de dire

que même sans barrière physique, le balisage du trajet cyclable devrait sécuriser les cyclistes.

La comparaison des types de voies cyclables n'est pas souvent très facile comme expliqué par Aultman-Hall et Kaltenecker (1999). Les données d'accidents sur les pistes aménagées en site propre intégral (type I), qui sont dans bien des cas des sentiers polyvalents, sont rarement disponibles. Les accidents qui ont lieu sur éléments d'infrastructures séparées des automobiles sont souvent mineurs et se catégorisent en : chutes, collisions avec des objets fixes; accrochages entre usagers divers; etc. Pour contourner la lacune d'informations à analyser, les chercheurs ciblent une population et analysent sur une période les accidents enregistrés sur les différents types de facilités. Donc, l'indisponibilité ou le peu d'importance attaché aux accidents survenus sur les infrastructures de type I, du fait qu'ils n'impliquent pas des automobilistes, ne justifient pas de considérer si elles constituent un environnement de transport dangereux.

Persaud et al. (1997) ont analysé le rôle des feux de circulation sur la sécurité des cyclistes, à partir des informations accumulées sur une période de 15 ans du programme qui vise à l'évaluation et la suppression des mécanismes de contrôle des intersections non justifiés par les critères du MUTCD¹⁰. L'objectif n'était nullement la protection des cyclistes mais plutôt d'éliminer des feux ne répondant pas aux critères d'installation de certains types de dispositifs de gestion de carrefours. L'agrégation des résultats a démontré que le remplacement des feux par des panneaux d'arrêt aux approches a conduit à une réduction des accidents impliquant les cyclistes. Certains facteurs ont été retenus pour expliquer le résultat de cette constatation, tels : l'obligation des automobilistes à immobiliser leurs véhicules induit un changement de comportement, une diminution de la vitesse pratiquée et une meilleure lisibilité de la route. Une conclusion qui conforte le caractère actif de la variable mécanisme de contrôle aux intersections dans la problématique de la sécurité des

¹⁰ Manual of Uniform Traffic Control Devices.

aménagements cyclables. De tels résultats sont en phase avec l'étude sur les discontinuités des voies cyclables (Krizek et Roland, 2005). Selon cette étude, les intersections ont une grande influence sur la perception de risque du cycliste, car l'aménagement aux carrefours conditionne l'insertion et la façon de réintégrer un lien cyclable.

La disponibilité des données sur le nombre d'accidents « avant et après » la mise en service d'infrastructures cyclables (Smith Jr. et Walsh, 1988) donne aussi lieu à des études intéressantes sur le niveau de dangerosité d'un aménagement particulier et aussi les impacts de sécurité des aménagements cyclables. Ces deux chercheurs ont montré qu'à long terme, les aménagements en question ont permis une diminution de types particuliers d'accidents, même si une hausse d'accidents était observée juste après l'implantation (immédiatement après, soit la première année).

Cette poussée témoigne en fait du temps d'ajustement des usagers au nouvel aménagement. Les résultats des analyses concluent que ces aménagements influent particulièrement sur la réduction des accidents aux intersections liées aux points de conflits entre cyclistes et automobilistes durant les mouvements de virage. Le fait d'aménager des chemins dédiés semble renforcer la lisibilité de la route.

2.5 INCIDENCE DE NOUVEAUX AMÉNAGEMENTS CYCLABLES SUR L'ACHALANDAGE

L'existence de données sur des périodes longues permet aussi d'évaluer le pouvoir des facilités cyclables à opérer une réaffectation modale (Barnes, Thompson et Krizek, 2006 ; Pucher et Buehler, 2006). Les données d'achalandage proviennent souvent de recensements qui devraient permettre une réponse à la question toujours d'actualité : le cyclisme utilitaire sera-t-il au rendez-vous si les aménagements cyclables sont pourvus? De manière plus locale (Minneapolis-St-Paul) et plus globalement (au Canada), ces chercheurs montrent que les aménagements cyclables tous types confondus ont une influence limitée sur le vélo utilitaire.

Ces études ont porté leurs intérêts sur l'angle de recherche qu'est la causalité entre achalandage et infrastructures cyclables. Elles ont montré que la preuve n'est pas vraiment faite que les nouvelles facilités cyclables soient garantes d'achalandage. Elles s'interrogent

même sur le fait qu'une grande utilisation des aménagements cyclables pourrait être le fait des communautés déjà passionnées d'activités cyclistes.

À ce titre, Les Pays-Bas et Portland (Oregon, É. U.) sont-ils vraiment des exemples à montrer? Dans le premier cas, le vélo jouit d'une grande popularité parmi toutes les couches de la population et dans le second, les multiples décisions prises depuis plusieurs années ne permettent pas d'isoler une cause unique à la ferveur cycliste (Barnes, Thompson et Krizek, 2006 ; Forester, 2007).

Donc, les faits semblent indiquer que les endroits, où l'utilisation des infrastructures cyclables connaît une différence significative, sont ceux où le vélo faisait déjà partie des choix sociaux et d'un mode de vie communément accepté, dans lequel les conditions ont déjà été réunies (voisinage des universités, une topographie appropriée et des itinéraires appropriés) afin de favoriser une utilisation plus soutenue du vélo comme mode de déplacement utilitaire. Des conclusions si mitigées sont loin de servir la défense de plus d'aménagements cyclables comme solution à forcer un transfert modal.

Ce fait aussi a une incidence sécuritaire, sachant l'effet du nombre sur la sécurité des usagers vulnérables de la route (Jacobsen, 2003). Plus il y a de cyclistes et de piétons sur les rues, plus les conducteurs seront habitués à leur présence et seront plus alertes.

En somme, ces recherches aboutissent à des conclusions plus susceptibles d'être transposées à des sites identiques comme on pouvait s'y attendre. Cette particularité est en grande partie liée aux aspects suivants :

- ▶ les données ayant supporté les analyses sont plus locales et couvrent une période bien définie;
- ▶ leur caractère très spécifique et étant plus ciblé sur des thématiques moins sensibles à l'exposition au risque, a amoindri les biais constatés dans les recherches portant sur la sécurité des usagers.
- ▶ Ces études n'interdisent pas l'hypothèse que les aménagements cyclables dans des communautés gagnées à l'utilisation du vélo pourrait conduire à une massification le long des nouveaux corridors sans pourtant provoquer une augmentation du nombre de cyclistes.

2.6 FIABILITÉ, PRÉCISION ET COMPLÉTUDE DES BASES DE DONNÉES OFFICIELLES

Les recherches sont unanimes sur le fait que les données sur les accidents impliquant les cyclistes sont très limitées. Certaines problématiques deviennent, du même coup, difficiles à étudier. Les éléments suivants sont les plus contraignants :

- ▀ Des informations de qualité et en quantité suffisante sur le site et les conditions climatiques ayant prévalu au moment de l'accident impliquant un cycliste. De telles informations existent à profusion pour les accidents de la route impliquant les véhicules motorisés. Elles ont été très utiles pour les recherches sur les zones noires (*black spots*) en Europe et ailleurs (Flahaut, 2004 ; Klop et Khattak, 1999).
- ▀ Il faut souvent combiner les sources diverses : les bases de données officielles de police et de centres hospitaliers plus généralement. Ces différentes banques d'information sous-évaluent certains types d'accidents (Amoros, Martin et Laumon, 2006, 2007), et elles ont de sérieuses difficultés à capter certaines variables. Par exemple, les rapports de police contiennent habituellement les informations sur le site, l'environnement, les mouvements et les manœuvres ayant conduit à un accident. Par contre, ils sont moins précis sur la nature et la sévérité des dommages subis par les victimes (Dhillon *et al.*, 2001). Donc, seul un recoupement des données faciliterait un rassemblement de l'ensemble de ces facteurs mentionnés. Bien souvent, elles ne recensent pas toujours les mêmes cas; la partie commune des ces différentes bases de données aux niveaux local et régional ne sert généralement qu'à estimer la part manquante des données, mais pas les variables.

Ainsi, si on disposait d'une plus grande quantité d'informations réunissant les caractéristiques des deux banques officielles ci-dessus mentionnées, cela rendrait possible l'évaluation de l'influence des facteurs de conception, d'ambiance, de site et d'environnement sur les accidents impliquant les cyclistes.

2.7 SYNTHÈSE DE LA REVUE DE LITTÉRATURE

La recension des recherches considérées mise en parallèle avec les contraintes de l'expansion des aménagements cyclables à Montréal permet une synthèse plus adaptée à cette étude. Cette conjonction permet de mettre en exergue les points forts et de sélectionner

les traits de conclusion les plus utiles pour répondre aux questions de recherche. Ils sont les suivants :

- Les accidents les plus fréquents sur les pistes cyclables (voies multi usages et hors route) sont : les chutes et les collisions avec des obstacles et des objets fixes, et sont souvent de gravité moindre (Aultman-Hall et Kaltenecker, 1999 ; Meuleners, Lee et Haworth, 2007). Ce constat est justifiable par une fréquentation plus diversifiée (âge, usage, habileté, etc.) et aussi l'absence de véhicules motorisés. Leurs coûts économiques et sociaux sont moindres.
- Les accidents de faible gravité, même localisés sur rue, sont très rarement enregistrés par la police, le faible coût des dommages étant le principal explicatif. La fuite des acteurs impliqués et l'estimation négligeable des faits sont autant de motifs à leur sous-représentation dans la base de données de police (Veisten *et al.*, 2007).
- Les cyclistes roulant dans le même sens que les automobilistes sont plus probables d'être impliqués dans un accident avec un véhicule à moteur. Les explications les plus plausibles sont : ce type d'aménagement est plus courant et constitue l'aménagement qui est recommandé par les normes locales. Quand les cyclistes roulent en sens opposé, une augmentation d'accidents avec les véhicules en virage à gauche est très probable suite à la mise en service. Mais une diminution ou une stabilisation devrait suivre durant les années subséquentes (Smith Jr. et Walsh, 1988).
- Les aménagements sur rue sont susceptibles de provoquer une augmentation des accidents entre cyclistes et automobilistes en section courante (Smith Jr. et Walsh, 1988).
- Les cyclistes sont plus vulnérables sur les routes où il n'y a pas de séparation physique, où un élément de repère qui les départage du transport motorisé (Pucher, 2001). La délinéation renforce la lisibilité et la perception du partage de la route. Même non munies de barrière physique, les infrastructures cyclables de types II et II améliorent la sécurité des cyclistes comparativement que s'ils devraient rouler sur des routes non balisées.
- La distribution spatiale des accidents impliquant les cyclistes est plus dense dans les grandes métropoles et au centre-ville (Aultman-Hall et Hall, 1998 ; Loukaitou-Sideris, Liggett et Sung, 2007 ; Meuleners, Lee et Haworth, 2007), et c'est en partie dû aux effets

d'achalandage (une plus grande exposition au risque) et de proximité (attraction des grands générateurs d'emploi sur les quartiers environnants).

- Ces recherches ont inventorié un grand nombre de variables (le type d'infrastructures, les conditions de circulation, la vitesse, le zonage, la gestion des carrefours, etc.) qui sont statistiquement significatives dans l'explication de l'occurrence des accidents impliquant les cyclistes (Kim *et al.*, 2007 ; Meuleners, Lee et Haworth, 2007). Ces paramètres représentent de matériaux nécessaires (variables et dimensions) qui pourraient être mis à profit dans une perspective de prévision du nombre d'accidents.

CHAPITRE 3 LES ELEMENTS METHODOLOGIQUES DE LA RECHERCHE

3.1 CADRE D'ANALYSE

La présente étude analyse, à partir de la base de données sur les rapports d'accident impliquant les cyclistes, les impacts des aménagements cyclables à même la chaussée à Montréal sur la sécurité routière. L'unité d'analyse est donc un accident impliquant un cycliste et un véhicule motorisé survenu dans les limites administratives de la ville de Montréal (le centre-ville et ses arrondissements). Les accidents contenus dans cette banque peuvent être localisés sur les axes hébergeant ou non des infrastructures cyclables. Les questions de recherche et l'hypothèse à valider contraignent fortement le choix de méthodes. Sachant que toute bonne analyse doit nécessairement s'appuyer sur des constats précis de la situation actuelle, la première partie du travail sera consacrée à dresser divers portraits des accidents qui impliquent les cyclistes.

Le cadre d'analyse de ce travail est défini à partir de la revue de littérature scientifique consacrée aux recherches sur la sécurité des aménagements cyclables, la dangerosité des différents types de voies cyclables, les effets du voisinage du couloir cyclable (cadre bâti et usage de sol), les causes les plus probables à même d'expliquer les accidents impliquant les cyclistes et leurs impacts sociaux et économiques.

Ce mémoire est une étude exploratoire visant principalement à apporter une contribution à la littérature sur la problématique du partage de la chaussée à partir des données d'accidents cyclistes de Montréal. Cette contribution devrait, en plus d'apporter des éléments de compréhension de cette problématique, préparer d'éventuels aménagements d'infrastructures cyclables, faciliter les interventions sur des aménagements existants, et surtout guider le choix de corridors pour ceux qui sont en phase de conception.

L'étude empirique est basée sur les données d'accidents disponibles des années 2003 à 2007. Elle débute par une analyse descriptive des accidents ayant lieu durant cette période et qui sont stockées dans ce segment de la base de données. Ce sont des données secondaires, elles sont au possible complétées par toutes informations qui sont du domaine publique et pouvant approfondir les analyses. L'effort de rassembler d'autres variables

nécessaires à une explication des causes de ces accidents se révèle assez difficile et a empêché ce travail de se rendre plus loin dans les analyses.

Mais, cette opportunité pourrait à l'avenir, avec plus de recul (une série plus longue et surtout un segment complet de la base de données) et des résultats descriptifs, combler ce fossé.

À partir de ces considérations, on se propose d'utiliser une stratégie de recherche combinant plusieurs méthodes : une analyse descriptive des données des accidents ayant lieu à l'intérieur de la juridiction de la ville de Montréal; une analyse descriptive de la distribution spatiale des données de collision entre cyclistes et véhicules motorisés.

Cette analyse descriptive sur les données des cinq années de cette base de données permettra en plus l'établissement d'un portrait de la situation des accidents impliquant un vélo et véhicule motorisé, mais aussi l'évaluation de l'accueil des cyclistes sur la voirie ainsi que le risque encouru par ceux-ci. Ce qui sera l'amorce de la première partie de réponse à la question principale. À savoir, est-ce qu'il y a une croissance assez marquée dans la fréquence et la sévérité des accidents impliquant un cycliste et ce à partir de 2005? Si celle-ci existe, elle pourrait être tout aussi attribuable à d'autres facteurs, et ce fait vaudrait la peine d'être élucidé ?

Une seconde partie de la réponse à la question principale sera le fait de pouvoir circonscrire un secteur de la ville de Montréal et de comparer les portraits des accidents entre les types d'infrastructures cyclables. Cette comparaison trouverait sa justification dans le fait que les aménagements de type I (pistes cyclables en site propre) font partie du paysage depuis plus longtemps et peuvent servir de base de comparaison. À l'intérieur du secteur donné et dans des conditions semblables, les types II et III présentent-ils un portrait d'accident différent? Rendu à cette partie du travail, le concept de pistes cyclables en site propre signifie un aménagement cyclable sur rue séparé de la circulation automobile par une barrière physique.

L'analyse statistique pour cette seconde partie choisira prioritairement les méthodes révélatrices de différences et facilitatrices de classification des variables explicatives d'un phénomène observé. En premier lieu, on procède par une comparaison du nombre d'accidents et la gravité sur les deux grands types d'aménagements afin d'établir d'éventuelles différences. Une ressemblance ou une dissemblance sera valablement établie

par une analyse de variance (ANOVA) multifactorielle à deux facteurs sur les types d'infrastructures et les modalités de la sévérité des accidents durant les trois années communes de données disponibles.

L'analyse de variance permet de montrer la relation entre une variable indépendante qualitative et une variable dépendante quantitative. La comparaison se fait à partir des moyennes des groupes afin d'identifier si les échantillons sont significativement différents ou pas.

Passé cette étape, à partir des variables influentes identifiées dans la revue de la littérature, il serait intéressant de comprendre pour le cas de Montréal celles qui sont les plus susceptibles d'expliquer les accidents. En se rappelant de l'indisponibilité de la totalité des éléments d'informations de cette fenêtre de la base de données, vouloir modéliser la prévision des accidents cyclistes serait très théorique et servirait plus à montrer l'habileté d'utiliser une méthode statistique.

Dans le cadre de travail, on visera plutôt un exercice montrant les combinaisons de paramètres (parmi ceux qui sont disponibles) les plus à même d'expliquer les accidents, ce qui serait beaucoup plus intéressant comme démarche cognitive. Cet exercice sert aussi à souligner une quelconque dissemblance sur les variables explicatives identifiées dans la revue de la littérature. Sachant que ces variables l'ont été pour des accidents beaucoup plus probables de survenir sur les infrastructures de type I.

3.2 STRATÉGIES MÉTHODOLOGIQUES

La méthodologie qui sera appliquée afin de répondre aux objectifs du travail et aux questions de recherche comporte les parties suivantes :

- Une présentation du territoire et de la provenance des données;
- Une description sommaire de la base de données à analyser;
- Un inventaire des autres sources de données éventuelles;
- Finalement, les différentes analyses des données d'accidents à la disposition du travail de recherche (base de données SAAQ / Ville de Montréal).

3.2.1 Territoire et provenance des données

Comme mentionné, ce travail porte sur les infrastructures cyclables sur rue à Montréal qui ne sont pas en site propre. Seuls les accidents ayant eu lieu dans les limites administratives de la Ville de Montréal feront l'objet de ce travail. La Figure 3-1 montre les contours de ce territoire formé par la ville-centre et ses arrondissements. Les données ont été fournies par le service des infrastructures, transport et environnement de la direction des transports de la Ville de Montréal, et elles proviennent de la banque de données d'accidents exploitées conjointement par la Société d'assurance automobile du Québec (SAAQ) et la Ville de Montréal. La Ville de Montréal reprend les données afin de les enrichir pour des fins d'analyse de sécurité routière. Il faut noter que les données d'accidents des autres municipalités partageant l'Île n'ont pas été fournies.

Cette base de données compile les rapports de police sur les accidents de la route. Un accident dans le cadre de ce travail est défini comme étant une collision entre un véhicule à moteur et un vélo sur la voirie publique. Les analyses portent sur des données secondaires, un segment de la banque d'informations des accidents de la SAAQ¹¹ conçue pour des fins autres que ce travail de recherche. Cette base de données ne contient que les accidents rapportés à la SAAQ par les policiers du Québec et elle est conçue principalement pour des fins des statistiques d'accidents.

Afin de s'assurer de la validité de l'information centrale qui est la gravité des dommages subis par les victimes d'un accident, une requête de renseignements supplémentaires a été adressée à la S.A.A.Q. Le service d'information de l'institution a fourni les éclaircissements ci-dessous mentionnés aux paragraphes qui suivent :

¹¹ Les données initiales ou primaires peuvent donc servir de substrat à d'autres recherches. On nomme données secondaires les éléments informatifs rassemblés pour des fins autres que celles pour lesquelles les données avaient été recueillies. Turgeon J. et Bernatchez J. dans Recherche sociale – De la pratique à la collecte des données, 4^e édition, Presses de l'Université du Québec.

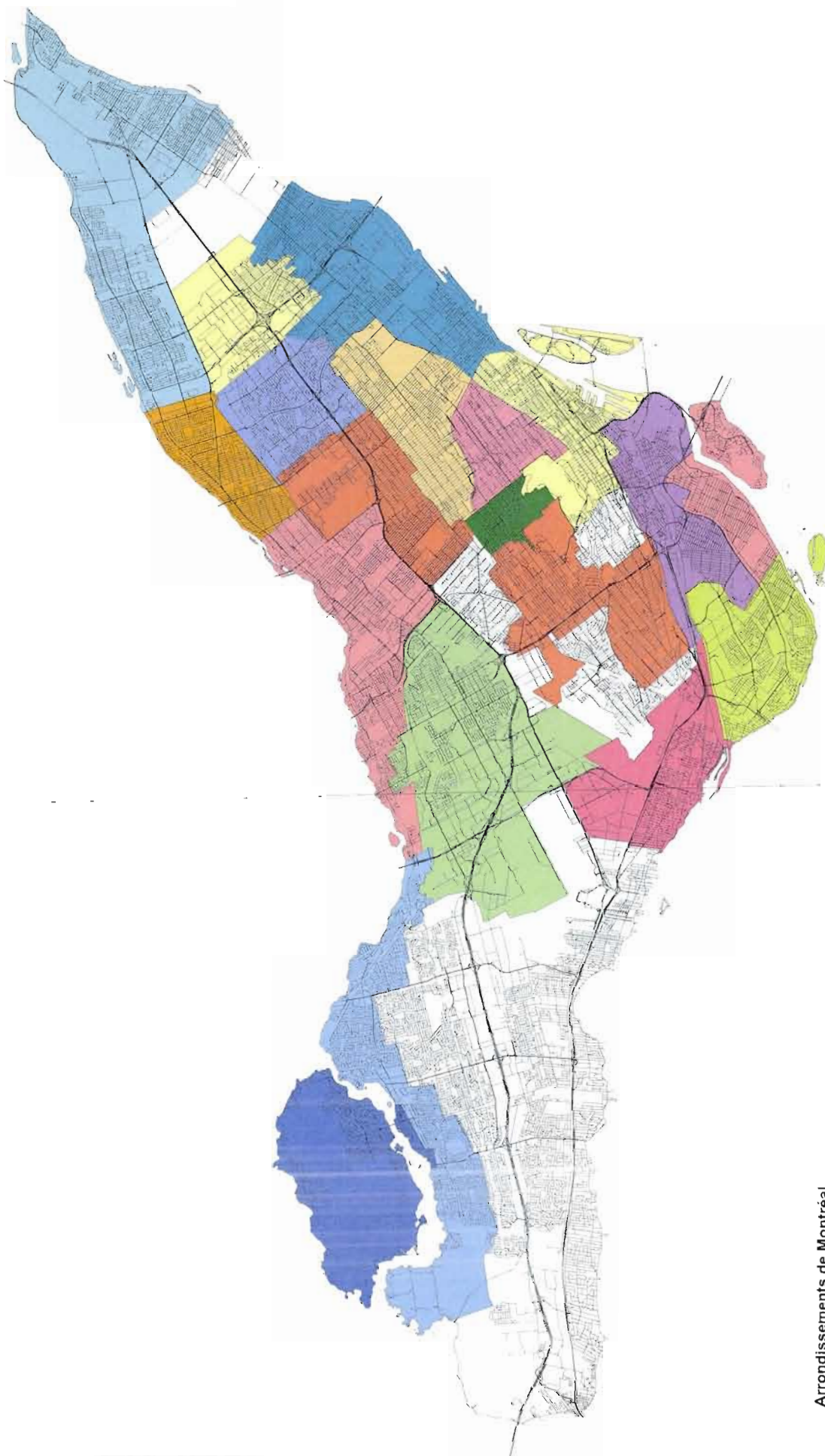
« Le policier qui remplit le rapport doit s'informer de l'état de la personne et il peut apporter un correctif dans les jours suivant l'accident. Les accidents sont regroupés selon la nature des dommages : avec dommages corporels et avec dommages matériels seulement. Les accidents avec dommages corporels sont divisés en trois groupes : les accidents mortels (au moins une victime est décédée), les accidents graves (au moins une victime a été hospitalisée) et les accidents légers (aucune victime n'a été hospitalisée, même si les blessures subies ont pu nécessiter des traitements chez un médecin ou dans un centre hospitalier).

Concernant les accidents n'ayant causé que des dommages matériels, les statistiques incluent tous les accidents rapportés dont l'ensemble des dommages a été estimé à plus de 500 \$ pour ceux survenus avant le 15 juillet 1999 et à 1 000 \$ depuis cette date, et ce, sans égard aux autres conditions qui régissent l'obligation de rapporter l'événement depuis juillet 1999. »

3.2.2 Description sommaire de la base de données

La base de données ne contient, à l'instar de toute banque de données officielles, que les accidents reportés par un agent autorisé, et dans ce cas précis, un constat de police supporte l'enregistrement. Le segment de la base de données, qui a été transféré par la Ville de Montréal et sur lequel porte ce travail, contient les enregistrements des années 2003 à 2007 et impliquant un cycliste et un véhicule à moteur (voir détails en annexe B).

Une fois les données stockées suite à un constat d'accident, la SAAQ procède à un premier traitement des données afin de satisfaire ses propres besoins. Cette base de données est par la suite reprise par la Ville de Montréal afin de la normaliser. La normalisation des données réduit les risques d'incohérence et d'intégrité des données. Par ce traitement supplémentaire, la nomenclature des rues et le code des arrondissements sont validés en plus d'ajout d'informations de géocodage.



Arrondissements de Montréal

- Ahuntsic/Cartierville
- Anjou
- Côte-des-Neiges/Notre-Dame-de-Grâce
- L'Île-Bizard/Sainte-Geneviève
- Lachine
- LaSalle
- Mercier/Hochelaga-Maisonneuve

- Montréal Nord
- Outremont
- Pierrefonds/Roxboro
- Plateau Mont-Royal
- Rivière-des-Prairies/Pointe-aux-Trembles
- Rosemont/La Petite-Patrie
- Saint-Laurent

- Saint-Léonard
- Sud-Ouest
- Verdun
- Ville-Marie
- Villeray/Saint-Michel/Parc-Extension

Les limites administratives de la ville de Montréal (après fusion)

3.1

Les impacts des aménagements cyclables à même la chaussée sur la sécurité routière à Montréal

juillet 2011

Cette dernière procédure attribue des coordonnées géoréférencées aux lieux afin de permettre une spatialisation de l'information. La spatialisation est une méthode d'intégration des données dans un système d'informations géographiques (SIG). Cette étape est indispensable et préalable à toute analyse spatiale, dont la finalité est de représenter le rôle de l'espace dans la compréhension d'un phénomène urbain. Cet enrichissement de la base de données de départ est très important parce qu'il permet des analyses statistiques et spatiales plus poussées et des recherches plus fiables.

Les données fournies dans le cadre de ce travail sont une extraction des accidents ayant impliqué un véhicule à moteur et un cycliste et non un segment complet de la base couvrant les cinq années comme mentionnées plutôt. Les données ont été fournies suivant le format du tableur Excel et les entités définies sont les suivantes :

- ▶ Un enregistrement est une ligne du fichier et représente un accident, comme ci-dessus mentionné, et elle est limitée aux seuls champs fournis et non à toutes les informations connexes à cet accident stockées dans les autres tables de la base de données.
- ▶ Un accident est une collision entre impliquant un vélo et un véhicule à moteur sur la voirie publique.
- ▶ Une victime, dans le cadre de cette recherche, est l'usager le plus vulnérable en l'occurrence le cycliste. Ses dommages servent à déterminer la dangerosité des infrastructures cyclables.
- ▶ Un point d'impact est l'endroit où a eu lieu l'accident. Il est géocodé et défini par rapport à l'intersection la plus proche.

Les objectifs de ce travail ne requièrent pas d'enquêtes supplémentaires obligeant à contacter les victimes, donc les données d'identité ne sont d'aucune importance à ce travail et peuvent comme c'est le cas ne pas être transmises.

3.2.3 Données d'enquêtes Origine-Destination

Les données des enquêtes O-D de la grande région métropolitaine réalisées par l'Agence Métropolitaine de Transport (AMT) et les enquêtes de ménage des services de Statistique Canada et du Québec seront, au besoin, mises à contribution afin de suivre les évolutions longitudinales de la population et des parts modales. Elles sont complémentaires et permettent de recouper les données sociodémographiques et de comportement de déplacement entre deux enquêtes successives d'une même ou d'institutions différentes.

Ainsi, pour suivre l'évolution de la part modale du vélo et établir un portrait plus continu de la pratique du vélo à l'intérieur du territoire d'étude, les données d'enquêtes O-D sont très importantes. Il faut aussi mentionner que l'agglomération montréalaise jouit d'une situation particulière par le fait de bénéficier de trois sources de données de transport celle de Statistique Canada, du Québec et celle de l'AMT.

3.2.4 Analyse sur des données d'accidents

L'une des caractéristiques de la base de données de laquelle est issu le segment de données sur lequel se porte l'analyse, est qu'elle stocke des accidents d'une certaine gravité. Ceux faisant des dommages corporels et matériels conséquents : des accidents qui causent un risque élevé de morbidité aux victimes ou des dégâts matériels d'un montant appréciable à la propriété privée. Donc, les résultats de l'analyse auront une portée appréciable du fait d'observer un très large échantillon pour les raisons suivantes :

- ▶ quand un accident qui implique un cycliste et un véhicule motorisé, la probabilité est plus élevée que celui-là subisse les dommages les plus sévères;
- ▶ un tel accident est tout aussi probable de faire des dommages corporels et physiques;
- ▶ ainsi, il est très probable d'être l'objet d'un constat de police.

Donc, les analyses descriptives sur l'état de la situation visent à la présentation des éléments de précision suivants :

- ▶ un portrait des accidents;
- ▶ leur gravité;
- ▶ leur distribution temporelle et spatiale.

Afin de faciliter la lecture, les résultats utiliseront des appuis visuels de type graphique (pour faire ressortir les relations entre variables) et tableau (pour pouvoir présenter plusieurs données) en tant qu'information complémentaire au texte. On a recourt souvent à des croisements de variables afin d'exprimer les relations statistiques entre elles. Pour signifier des liens d'indépendance ou de dépendance, les procédures statistiques les plus appropriées sont le tableau de contingence et l'analyse de variances.

Les coordonnées géo-référencées permettraient, au besoin, une analyse spatiale. Cependant les données fournies ne contiennent pas de champs indiquant l'arrondissement où a lieu l'accident. Après avoir conçu la carte de représentation graphique des accidents pour une année, il est possible d'associer accidents et arrondissements de Montréal par une requête spatiale. Une opération de requête spatiale permet une association de l'ensemble des éléments identifiés d'une couche de type points circonscrits à l'intérieur des limites d'une autre couche de type surfaces. Cette opération a été appliquée pour des points représentant des lieux d'accidents d'une part et les limites administratives des arrondissements de Montréal de l'autre (couche MapInfo fournie).

Les données à analyser ne portent pas sur l'aménagement d'un couloir, mais se composent des enregistrements de la base de données (SAAQ / Ville de Montréal) des années 2003 à 2005 d'une part, et ceux de 2006 et 2007 de l'autre. Ce qui permet une observation sur deux périodes : soit avant les aménagements sur rue et pendant leur mise en service. Depuis 2005, l'offre cyclable s'accélère à Montréal. Cet objectif principal de faire du vélo une composante à part entière de mobilité à Montréal, devrait permettre à la municipalité d'atteindre son but de contribuer à la réduction des émissions liées au transport. Cette constante évolution de la composante de l'offre cyclable constituée d'aménagements sur la chaussée sans barrière physique se prête très mal à une analyse pré-test et post test. Il y a

l'absence d'une situation d'équilibre, parce que les aménagements continuent au fil des années et au gré des périodes propices à la construction sur l'île de Montréal.

Pour les objectifs de comparaison, l'absence des données d'achalandage sur les trajets est une lacune importante. D'autant plus que les données de comptage datant de cette année ne peuvent être utilisées, du fait de la mise en service graduelle des facilités cyclables des types II et III. Dans le domaine du transport et de la circulation, les données restent valides durant une période de cinq ans, mais un comptage de cyclistes est très différent d'un comptage véhiculaire de routine, pour la seule et simple raison que les usagers y sont attirés. Même pour un trajet correspondant à un besoin de déplacement affirmé, les nombres de déplacement avant et après ne sont pas toujours identiques.

Or, le chiffre d'achalandage serait le plus approprié pour une comparaison des accidents impliquant un cycliste en fonction de l'offre en aménagements cyclables. Dans une telle éventualité, on aurait pu comparer des ratios du nombre d'accidents sur un type d'aménagements au nombre d'usagers fois la longueur de lien cyclable.

Choix des secteurs à comparer et période d'étude

Pour cette partie d'analyse, les secteurs du centre-ville et les arrondissements limitrophes ont été ciblés afin d'identifier des aménagements cyclables capables d'établir un parallèle. Le territoire ciblé est composé des arrondissements suivants : Ville-Marie, Plateau Mont-Royal, Rosemont-Petite-Patrie et Sud-Ouest. Les aménagements cyclables ont été agrégés en deux catégories : type I et les deux autres types (type II et type III). Le regroupement des types II et III est motivé par le fait que sur certaines rues, une bande cyclable est aménagée dans une direction et une chaussée désignée dans la direction opposée. Donc, un accident recensé sur une rue n'indique nullement sur lequel des aménagements a lieu l'accident.

La période d'analyse pour cette partie du travail se concentre sur les trois dernières années d'informations. En raison du fait que l'expérimentation des aménagements de type II et III a débuté en 2005 et les tronçons de type I étaient en service depuis plusieurs années. Donc, les patrons des accidents pour le type I devraient être plus ou moins stables et la connaissance et les comportements des cyclistes sur ces derniers sont assez proches de l'habitude.

Affectation des accidents aux voies

Il est beaucoup plus aisé d'affecter un accident intervenu en section courante (partie de la rue qui est entre deux intersections et en dehors de leurs zones d'influence) à l'aménagement cyclable longeant cette rue, cela n'est pas aussi simple au droit d'un carrefour. Un accident ayant lieu à l'intersection concerne au minimum deux voies et quatre approches.

Plusieurs méthodes d'affectation sont possibles en de telles situations, bien que la situation se complexifie davantage quand il s'agit d'une intersection où se rencontrent plusieurs couloirs cyclables d'un même ou de différents types. Dans ces cas, à quelle rue faut-il affecter cet accident? Et si des voies cyclables se croisent à cette intersection à laquelle l'affecter? Une situation dont la résolution n'est ni simple ni expéditive dans la mesure où on ne dispose pas d'informations complémentaires.

La méthode d'affectation retenue associe, en présence d'une seule rue hébergeant une voie cyclable, l'accident prioritairement cette rue. Dans le cas d'une intersection où se croisent deux liens cyclables, il est affecté aux deux rues. Cette façon de procéder a été en grande partie dictée par l'outil tableau dynamique de MS Excel. Cet utilitaire a permis d'associer le nom d'une rue (vu la normalisation des noms faite par la Ville de Montréal) et l'événement accident.

Une association plus pertinente aurait été possible en ayant plus d'informations disponibles, à l'instar des formulaires d'accidents ou des informations supplémentaires sur des éléments de dysfonctionnement d'une approche ou d'un axe pour mieux faire correspondre l'accident (Christian et al., 1997). Cette démarche demanderait plus de temps et est aussi un peu éloignée de l'exigence d'un exercice académique. De plus, le pourcentage d'intersections où il y a le risque de croisement est faible comparativement au total des intersections traversées par les liens cyclables des secteurs sélectionnés (voir Figure 4-15).

Codage des données et méthodes statistiques d'analyse des données

Le codage des données est toujours l'étape première à l'analyse statistique, il est fonction des méthodes mises en œuvre, de la nature et des caractéristiques des intrants. Le tableau de données à analyser provient généralement de celui fourni par la Ville de Montréal,

recomposé à partir de l'outil de tableau croisé dynamique de MS Excel. Ces données ont subi des transformations afin de permettre une analyse factorielle.

Cette transformation a essayé de respecter autant que possible l'équilibre des effectifs des différentes modalités des variables. Certaines variables n'ont pas été transformées, celles avec plusieurs modalités l'ont été en les remplaçant par des valeurs numériques pour réaliser l'ACP avec le logiciel SPSS. La substitution des modalités par des nombres permet le calcul de leur pourcentage. Cet exercice doit être effectué avec prudence afin de ne pas altérer les proportions initiales des modalités.

Ainsi, les nombres 0, 1 et 2 (cas d'une variable à trois modalités) ne sont pas appropriés, du fait que la valeur nulle détruit la modalité à laquelle elle est attribuée. Afin de ne pas modifier les poids initial des modalités, la valeur 1 est attribuée à la modalité sous-représentée, 1.25 à celle qui suit dans l'ordre croissant et 1.50 à la plus représentée

Un ensemble de neuf (9) variables ont été identifiées au départ. Au cours du processus de construction des facteurs principaux, certaines variables ont été retranchées en raison de leur pouvoir explicatif¹². Les premières variables ont été éliminées en fonction de leur contribution à la formation des axes. Dépendant de la taille de l'échantillon, les variables ayant une contribution inférieure à 0.65 ne sont pas significatives et doivent être retranchées (Hair et al., 2008).

3.3 TRAITEMENT DES DONNÉES ET LIMITATIONS DE LA BASE DE DONNEES UTILISEE

Une extraction sélective de la base de données de la SAAQ, enrichie par la Ville de Montréal, a permis d'isoler les accidents impliquant un cycliste et un véhicule à moteur. Sachant que l'analyse porte sur des données secondaires, elle doit s'accommoder aux limites et

¹² Cette démarche n'est pas explicitée afin de ne pas allonger indûment le texte du travail.

contraintes de la constitution de cette source d'information (voir les paragraphes ci-après sur les biais). Les besoins primaires de la collecte des données imposent forcément des limites à l'analyse secondaire. Un exemple concret est le fait qu'un enregistrement contient les champs suivants : nombre de blessés et nombre de morts; mais ne fournit pas la possibilité de pouvoir associer les victimes à un des véhicules impliqués.

Les fichiers de données servant à l'analyse qui ont été fournis sont : un fichier Excel, et trois fichiers de couches de MapInfo pour la visualisation des arrondissements de la ville de Montréal, des intersections et l'offre actuelle des pistes cyclables. Les informations complémentaires ont été obtenues au travers des sites mettant en ligne des données du domaine public et des demandes d'informations adressées aux services concernés de différentes institutions. Les enregistrements fournis contiennent les champs suivants montrés dans le Tableau 3.1.

Le champ « DATE_MODIFIERNTERS » indique que les coordonnées géographiques ont été ajoutées à l'enregistrement et une validation de la nomenclature des noms de rue a été effectuée à cette date. Une ligne du fichier Excel représente les données sur un accident impliquant un cycliste et un véhicule à moteur.

Tableau 3-1 Les champs des enregistrements fournis

Nom du champ	Description du champ
Champs fournis avec le fichier Excel	
NO_EVNMT	Un identifiant de l'enregistrement
date_acc	Date à laquelle l'accident a eu lieu
heure_acc	Heure à laquelle l'accident a eu lieu
DATE_MODIFIERNTERS	Mise à jour de l'enregistrement à la Ville de Montréal
PRESDE	Positionnement par rapport à la plus proche intersection
DISTANCE	Distance par rapport à l'intersection
DIRECTIO	Direction des véhicules
DOM_MAT	Accidents avec dommages matériels
NB_MORTS	Nombre de morts
NB_BLESS	Nombre de blessés
LONGITUDE	Longitude du lieu de la collision
LATITUDE	Latitude du lieu de la collision
Champs dérivés	
Etat_Victime	Sévérité de l'accident
Année_Acc	Année où l'accident a eu lieu
Mois_Acc	Mois où l'accident a eu lieu
Arrondissement	Arrondissement où l'accident a eu lieu
2E_Véh	Le type du second véhicule impliqué (auto, camions, etc.)
Nombre de d'enregistrements par années ¹³	
2003	959
2004	986
2005	945

¹³ **Trame de fond horizontale clair** : Accidents enregistrés **avant** le début des aménagements sur rue dans les limites de la Ville de Montréal. **Trame de fond diagonale clair (haut)** : Accidents enregistrés **après** le début des phases successives d'aménagements sur rue.

2006	912
2007	941
Total	4743 enregistrements

3.3.1 Traitement et critères de classification des accidents

Les résultats des analyses sont le fait d'agréations, de compilations et formatages des champs des données secondaires, et ils ont été guidés par les prémices suivantes :

- ▀ Le nombre d'accidents est une variable forte dans le cadre de ce travail, il donne une première idée de l'insécurité routière que font face les usagers utilisant le vélo comme mode de déplacement. En second lieu, cette variable ouvre une fenêtre, bien que limitée, sur l'exposition au risque liée à l'usage du vélo. Car un nombre élevé d'accidents est un indicateur : d'un plus grand nombre de déplacements effectués à vélo ; d'une distance parcourue plus longue par les cyclistes ; d'un plus grand nombre de cyclistes ou de la combinaison de ces différents facteurs.
- ▀ Les analyses se basent sur un nombre de lignes du fichier Excel inférieur à celui fournie qui est de 4743. Par croisement des variables suivants : Année d'accidents (champ dérivé) versus NB_BLESS et État_Victime (champ dérivé) versus NB_BLESS, certaines lignes ont été retranchées, soit 1055, du fait que le champ sur l'état des victimes est soit vide ou ne contient pas un caractère significatif.
- ▀ Les collisions faisant l'objet de cette étude impliquent des vélos et des véhicules à moteur. De ce fait, quand un accident ne fait qu'une seule victime, il est assumé qu'il s'agit très probablement du cycliste (voir *Tableau 3-2*). Cette hypothèse s'appuie sur le rapport de masse entre les deux types de véhicules, donc au moment de l'impact la probabilité est beaucoup plus élevée que le cycliste soit plus à risque, vu le transfert d'énergie entre les mobiles impliqués. Les occupants d'un véhicule motorisé ont plus de chance de s'en sortir indemnes, avec de simples contusions ou choc nerveux.
- ▀ Des enregistrements indiquent, quoique peu nombreux, les cas de figure suivants : 1 décès et 3 blessés; 1 décès et 4 blessés. Dans ces circonstances, il est hautement plus probable que le cycliste soit le tué et les occupants du véhicule à moteur soient les blessés (voir *Tableau 3-2*).

- Des enregistrements n'indiquent pas la gravité des personnes impliquées et ne donnent pas le nombre de victimes. Quelques cas ont été scrutés afin de pouvoir les classer dans une catégorie de gravité. Les formulaires montrent que beaucoup de ces cas sont mineurs et très souvent du type accrochage du miroir, ouverture brusque d'une portière, etc. Il en résulte souvent des dommages matériels mineurs que les conducteurs ne sont pas intéressés à réclamer à leurs assureurs. En de telles circonstances, un constat de police ne s'avérerait pas nécessaire, et quand le policier remplit le formulaire, ce n'est pas toujours dans sa totalité.

Tableau 3-2 Nombre de victimes par accident et par année

Année	Nombre de victimes par accident				
	Dom. Matériels	Une	Deux	Trois	
2003	210	722	22	5	959
2004	245	726	14	1	986
2005	221	702	21	1	945
2006	237	657	18	0	912
2007	245	683	10	3	941
	1158	3490	85	10	4743

- Les accidents inventoriés sont tous sur la voirie publique ou sur les aménagements cyclables partageant les artères de Montréal. Des accidents comparables, voire même plus graves que ceux analysés dans ce travail de recherche, mais ayant lieu sur des aménagements cyclables confinés en dehors de la voirie publique (type I), sont plus souvent recensés dans les bases de données des centres hospitaliers. Ces accidents n'impliquent jamais un véhicule motorisé.

Le calcul des pourcentages sur les chiffres du Tableau 3-2 montre que 74 % (3490/4743) des accidents enregistrés ne font qu'une seule victime et seulement 2 % (95/4743) font plus d'une victime. Sachant qu'un procès-verbal ou un constat de police est souvent dressé pour un événement majeur, les accidents sans blessés et tués sont classés comme ayant causé des dommages matériels uniquement, soit 24 % (1158/4743).

Ces derniers types d'accident représentent 24 % du nombre total des accidents des cinq années d'enregistrements de cette base de données. Il y a toujours lieu de penser que ces

accidents ont beaucoup moins d'impacts sur la société (en termes socioéconomiques), comparativement à ceux faisant des morts et des traumatismes aigus. Il faut aussi souligner qu'en nombre absolu, cette catégorie d'accidents varie très peu d'une année.

3.3.2 Biais liés à la collecte et aux données manquantes

En plus des faiblesses mentionnées sur la source des données, il faut ajouter l'absence de quelques champs essentiels. Certains champs ont été apportés aux enregistrements, tels que : gravité, type du véhicule motorisé, etc. à partir des résultats de requête SQL sur la base de données initiales, et des opérations de recherche tabulaire sur la clé principale des enregistrements fournis.

Des opérations de tableaux croisés dynamiques avec MS Excel ont permis de colliger ou de croiser des modalités, soit des champs initiaux reformatés ou des champs additionnels. Certains champs des enregistrements n'ont pas été fournis¹⁴.

3.3.3 Biais liés à la localisation des accidents

Le segment de la base de données utilisée fournit un positionnement des accidents, plus souvent par rapport à une intersection. Certaines informations sont manquantes, s'agit-il de la direction des véhicules, de quel côté de la rue a eu lieu l'accident. Donc, il est très difficile de cette façon de pouvoir dire si un accident survint sur l'infrastructure cyclable, au cas où cette rue en héberge une.

¹⁴ Parmi ces champs, il faut mentionner les suivants : le sexe et la nature du traumatisme de la victime. Il est vrai que ces informations ne sont pas les plus pertinentes pour ce travail, mais ce fait mérite d'être souligné au lecteur. Dans certains cas, il serait possible de déduire le sexe à partir du formulaire rempli par le policier par exemple; mais les policiers ne sont pas toujours portés à remplir au complet le formulaire. Il pourrait être déduit aussi du nom de la victime avec le risque que cela comporte.

Donc, en tenant compte la série des données disponible et la taille des échantillons considérés, les conclusions seront fonction des limites exprimées par ces biais. Après avoir défini, les éléments méthodologiques qui seront appliqués afin de guider les analyses appropriées, le prochain chapitre du travail sera consacré à la présentation des résultats de l'analyse.

CHAPITRE 4

RÉSULTATS DE L'ANALYSE

Ce chapitre est divisé en deux grandes sections : portrait des accidents et les analyses statistique et comparative. La première section sert à établir le portrait général de la situation de sécuritaire centré autour de l'usage du vélo à Montréal en ne faisant aucune distinction entre les types d'aménagements. Elle sert aussi à déterminer l'existence d'une certaine rupture dans le patron des accidents durant les cinq années d'informations disponibles. La seconde section prendra le relais afin de dégager l'existence d'un lien entre aménagements et accidents. C'est à ce niveau qu'on devrait souligner s'il y a dissemblance ou pas entre les patrons d'accidents des deux grands types d'aménagements comme ci-avant mentionné dans le chapitre de la méthodologie.

Section I - Portrait des accidents à Montréal

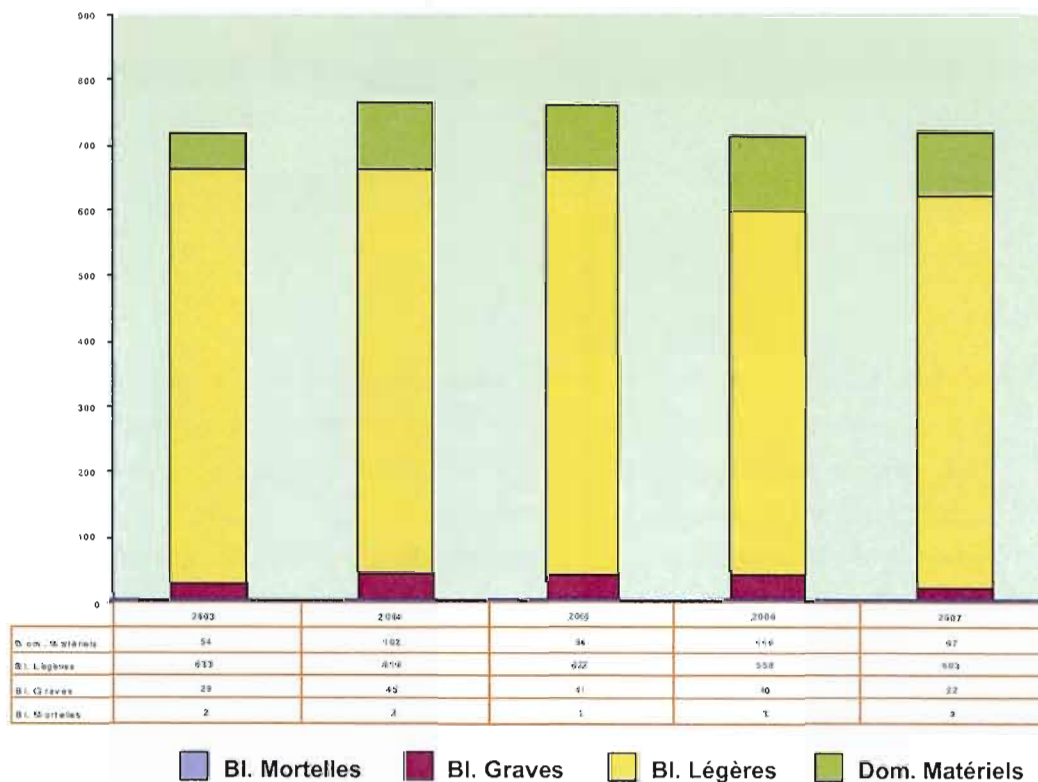
4.1 CARACTÉRISTIQUES DES ACCIDENTS – PROFIL DES VICTIMES (CYCLISTES)

4.1.1 Fréquence des accidents

Le premier regard porté sur les données résultant de la classification des accidents impliquant un cycliste et un véhicule à moteur a été sur leur fréquence annuelle. Une ventilation par année et par catégorie d'accidents montre une relative stabilité d'une année à l'autre. En nombre absolu, on observe très peu de variations, de 959 en 2003 à une légère croissance à 986 en 2004, suivies d'une diminution jusqu'en 2007. L'histogramme du Graphique 4-1 illustre ce fait et révèle aussi un phénomène de vases communicants (une diminution d'une catégorie compensée par l'augmentation d'autres) entre les différentes modalités de la gravité des blessures. Le fait le plus marquant est qu'en excluant la catégorie des accidents avec « dommages matériels seulement », il y a un déclin relatif du nombre d'accidents faisant une ou plusieurs victimes d'une année à l'autre.

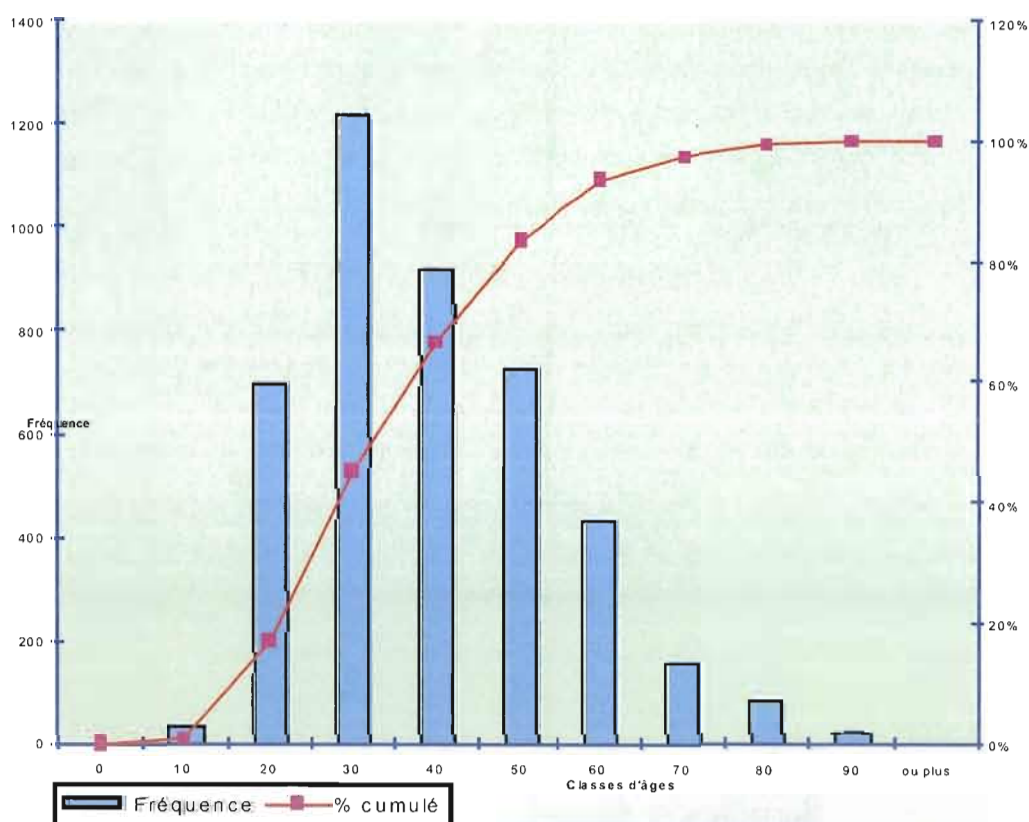
Les cas les plus graves (blessures mortelles et graves) ne dépassent pas 2 %, ils étaient à 1 % en 2003, et se maintiennent à 2 % jusqu'en 2006 pour ensuite redescendre à 1 % en 2007. En combinant la stabilité des blessures mortelles (en moyenne deux par année) et une diminution marquée des blessures graves, on peut parler d'une situation moins alarmante que ce qui ressort des médias et même plus favorable pour les activités cyclables. Il faut préciser que le poids de ces constats est associé à la rigueur du travail et du jugement du policier. Comme mentionné par la SAAQ, le rapporteur peut revenir modifier l'état de la victime après avoir déposé son constat.

Ce résultat n'est pas différent de celui des chiffres publiés par la SAAQ (la situation générale de la sécurité routière au Québec) et ceux de VéloQuébec (Jolicoeur, Dumesnil et Poirier, 2006).



Histogramme de la fréquence et de la gravité des accidents (5 années)

4.1



Histogramme de l'âge des victimes

4.2

Les impacts des aménagements cyclables à même la chaussée sur la sécurité routière à Montréal

4.1.2 Profil de l'âge des victimes

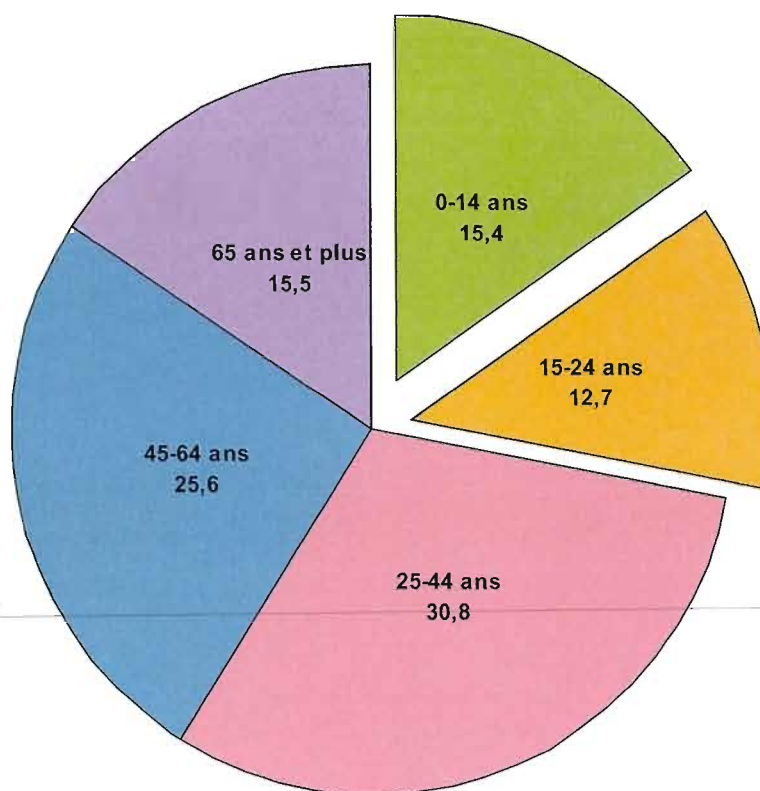
En mettant la focale sur l'âge des victimes, selon une classification par tranches de 10 ans, l'histogramme du Graphique 4-2 illustre une répartition très concentrée sur des tranches d'âge particulières. L'histogramme révèle que 17 % des victimes ont moins de 20 ans et que les plus de 60 ans représentent un peu moins de 3 %. Ces chiffres sont à comparer avec la proportion de ces cohortes d'âges qui sont en âge de pratiquer le vélo, afin de se prononcer sur leur représentation. Ils sont à l'opposé des conclusions d'autres études (Chong et al., 2010 ; Depreitere et al., 2004). Les pourcentages de ces deux tranches d'âges dans les accidents de circulation (impliquant cyclistes et véhicules à moteur) sont généralement plus élevés. Ces deux études révèlent que les pourcentages des accidents impliquant des victimes de 20 ans et moins avec des automobiles représentent respectivement 37% et 59% et ceux des 60 ans et plus 18% et 23%.

Les données de Statistiques Canada de 2006, sur la population selon le groupe d'âge pour la région administrative de Montréal, décrites au Graphique 4-3 ne permettent pas, à partir d'approximation, de constater une sous-représentation des tranches d'âge des adolescents et des jeunes. Par contre, les données sur le taux de cyclistes selon les tranches d'âge au Québec confirment bien une sous-représentation des jeunes et des personnes âgées.

Comme mentionné aux paragraphes précédents, cette différence avec d'autres études (Jolicoeur, Dumesnil et Poirier, 2006) et même avec les chiffres de la SAAQ pour le Québec de 2002 à 2007¹⁵ valide l'étude voulant que les parents soient peu enclins à considérer le vélo comme mode de déplacements pour leurs enfants dans les grandes villes québécoises et particulièrement à Montréal (Lewis et al., 2008). Cette étude avait entre autres souligné que la sécurité des jeunes enfants et des adolescents en milieu urbain était le facteur le plus

¹⁵ Les 6 à 17 ans représentaient 29 % de la population et 37 % des victimes. Consulté le 29 décembre 2008 sur la page <http://www.saaq.gouv.qc.ca/prevention/velo/index.php>.

préoccupant des parents. Et ainsi, ils optaient soit de conduire leurs enfants à l'école ou d'utiliser le service d'autobus scolaires.



4.1.3 Distributions annuelles des accidents

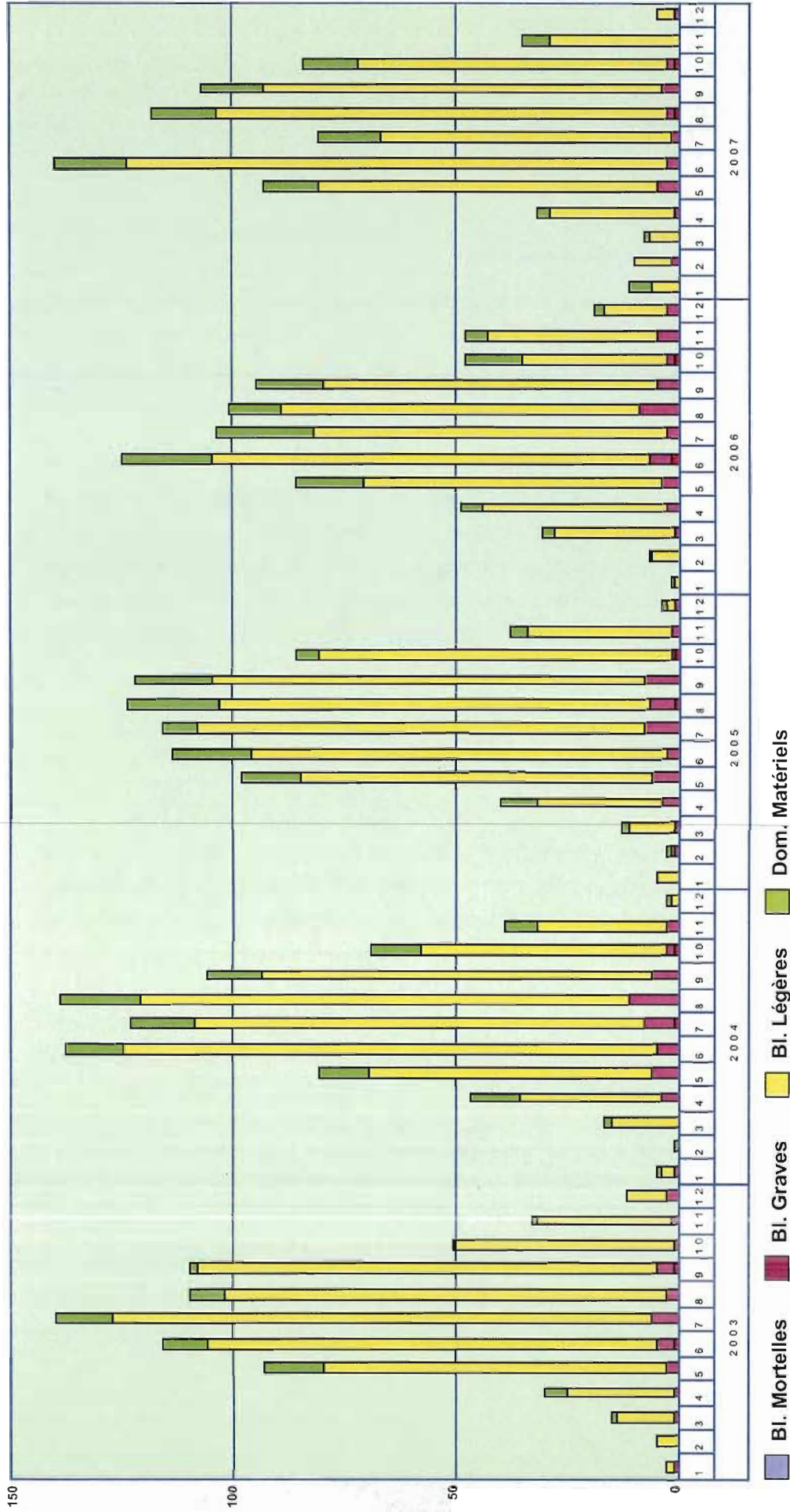
Une projection de la gravité des accidents, sur les mois de l'année où a lieu l'accident, permet d'associer les accidents à la période des activités cyclables. Deux constats ressortent du Graphique 4-4 : les blessures graves surviennent très tôt durant l'année (avril et mai) et au Québec, il y a une difficulté du développement d'une attache modale au vélo (effet du climat).

Ce début identifié au mois d'avril ou de mai pourrait être dû à la fin de l'hiver, la fonte des bancs de neige et les premières journées tièdes. Les premiers déplacements prématurés à vélo le sont par des cyclistes ayant perdu ou oublié les habitudes et les comportements sécuritaires et en être du même coup l'élément déclencheur. D'autres explications peuvent aussi être considérées : à la fin de l'hiver les automobilistes ne sont plus habitués à côtoyer les cyclistes et sont moins vigilants; ou le fait que les routes ne sont pas encore nettoyées oblige les cyclistes à rouler plus proches des automobiles.

Le second constat est plus la cause de la période hivernale qui force à remiser la bicyclette et ne permet pas le développement de fortes habitudes ou de captivités au vélo (hormis les endurcis ou les coursiers à vélo).

À la lumière de cette figure, il faut souligner un autre point tout aussi important : les cas les plus graves ne sont pas négligeables durant la période qu'on pourrait qualifier de reprise des activités cyclables. Certains facteurs pourraient contribuer à l'expliquer, par exemple : l'entrée en piste de nouveaux cyclistes et une réadaptation aux bonnes pratiques par les usagers. Le constat particulier d'accidents débutant très tôt à la fin de l'hiver, dépendant de sa persistance au fil des ans, pourrait être l'explication la plus pertinente des inquiétudes exprimées dans les médias à l'ouverture des infrastructures cyclables en site propre intégral, bien que ces accidents bien spécifiques n'aient pas lieu sur les pistes cyclables (type I).

Les chiffres des accidents durant les mois d'hiver (soit de novembre à mars) marqués par la fermeture des infrastructures cyclables semblent se révéler une période plus dangereuse pour les cyclistes comparativement aux autres mois de l'année. Sur les cinq années, il y a eu 164 et 3507 accidents durant ces deux périodes avec 16% des accidents graves ou mortels durant les mois d'hiver et 10% en dehors des mois d'hiver. Il y a effectivement lieu de constater que ces mois sont proportionnellement plus dangereux pour les cyclistes.



Distribution des accidents suivant les mois de l'année et de la gravité des blessures (1 – B. mortelles à 4 – Pas de B. apparente)

Les impacts des aménagements cyclables à même la chaussée sur la sécurité routière à Montréal

4.1.4 Distribution journalière des accidents par période de 24 heures

Une analyse des données d'accidents sur 24 heures permet d'aborder la problématique sous un autre angle. Le Graphique 4-5 est une illustration pour les cinq années de données disponibles de la distribution des accidents sur la journée de 24 heures. Elle montre que les premières heures du jour sont l'objet de très peu d'accidents, ceux qui y ont été recensés causant aux victimes le plus souvent des blessures légères.

La première heure de la journée (entre minuit et une heure du matin) est assez atypique comparée à celles allant de une à cinq heures du matin. Le nombre de blessures légères, ou avec dommages matériels uniquement, est presque cinq fois plus élevé à la première heure qu'aux suivantes. Une première explication pourrait être le fait que cette heure coïncide avec la fin et le début de deux périodes de la journée du travail et aussi avec la sortie des bars. La gravité moindre de ces accidents pourrait être expliquée par une réduction des volumes de cyclistes d'une part, et des automobilistes de l'autre. Cette distribution est assez semblable à celle présentée par VéloQuébec sur le débit horaire des cyclistes sur une piste à usage utilitaire à Montréal (Jolicoeur, Dumesnil et Poirier, 2006 page 82).

L'histogramme de la distribution temporelle sur la journée de 24 heures montre deux modes. Le premier est moins important que le second, ils correspondent aux deux périodes de pointe de la journée. La première période de pointe se situe entre 7 h et 9 h et la seconde entre 15 h et 18 h. La pointe du soir est plus prononcée et plus dangereuse pour les cyclistes à Montréal, tant en fréquence qu'en gravité.

Les dernières heures de la journée soit de 20 h à 23 h, sont tout le contraire des premières. Elles ressemblent plus à la période hors pointe avec une réduction dans l'intensité du nombre et dans la sévérité des dommages. Un éclairage nocturne différent de la clarté diurne, des usagers non munis de points réflecteurs, une visibilité plus difficile, la fatigue en fin de journée et les cas de conduite avec facultés affaiblies pourraient être autant de causes expliquant le niveau plus risqué à l'intérieur de cette plage horaire. À tous ces facteurs, il faut ajouter la conjonction d'une circulation plus fluide et des vitesses instantanées plus élevées qui mettraient les cyclistes plus à risque lors d'une collision.

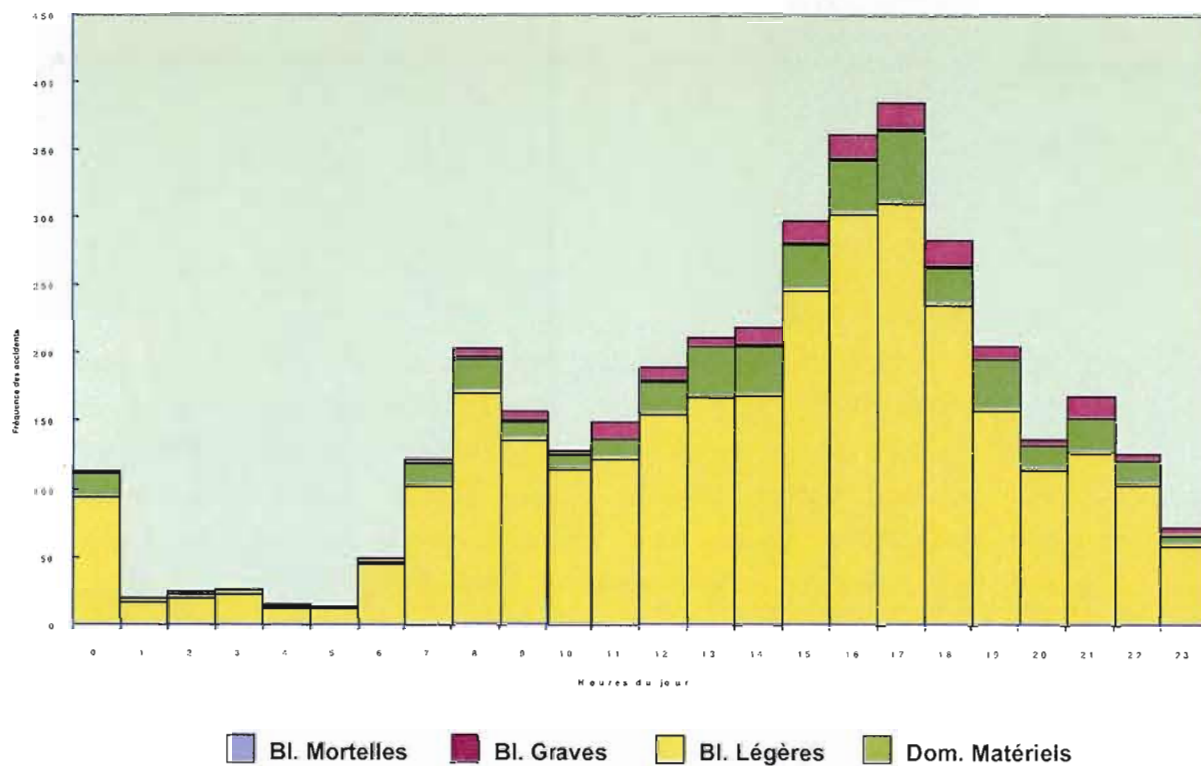
4.1.5 Cyclistes accidentés : un indicateur probable de l'usage du vélo

Le Graphique 4-6 démontre que les accidents semblent impliquer plus fréquemment des usagers plus susceptibles de faire un usage utilitaire du vélo (la tranche 20-60 ans). Il y a peu ou pas de variations dans le nombre d'accidents impliquant les cyclistes plus âgés et les plus jeunes, et ce, quel que soit le jour de la semaine.

Ce graphique montre aussi que les activités cyclables sont plus risquées le samedi que le dimanche. Encore une fois, des interprétations probables seraient que : 1) l'usage utilitaire serait plus élevé un samedi qu'un dimanche; 2) la circulation est moins dense le dimanche que le samedi. Deux explications qui vont dans le sens de la notion d'exposition aux risques, assez présente dans la revue de littérature.

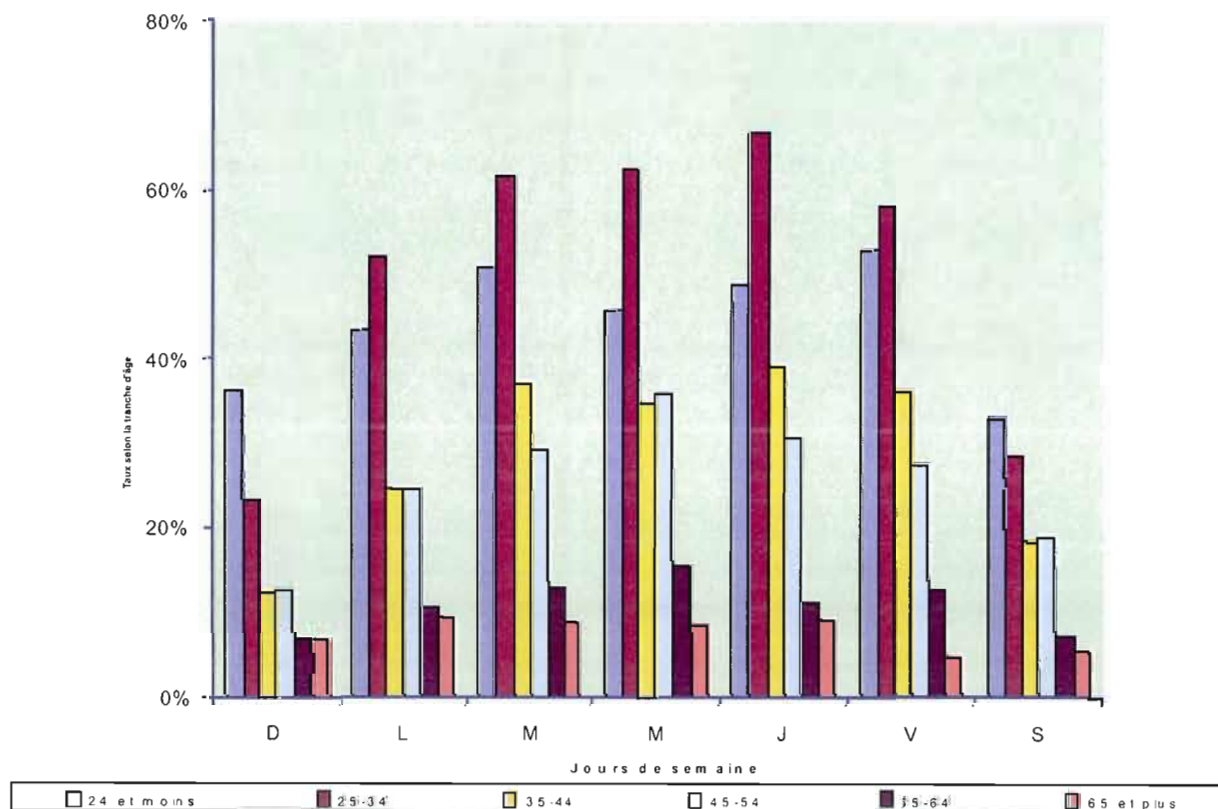
Les analyses portent sur les données d'accidents et non sur les déplacements par mode vélo. Les constats précédents sur les distributions temporelles des accidents, sur une journée ou sur une semaine peuvent donner de bonnes indications sur l'usage du vélo. En Amérique du Nord, le vélo est souvent connoté loisir. Pour en faire un mode de transport à part entière, comme le souhaite la Ville de Montréal, il va falloir lutter contre cette perception.

En associant accidents et utilisation cyclable par tranche d'âge, deux hypothèses peuvent être retenues pour expliquer une sous-représentation des jeunes : soit ils sont plus prudents ou moins nombreux que les autres cohortes sur les routes durant les jours ouvrables. Les recherches semblent plutôt aller dans le sens de la seconde proposition. Les causes les plus souvent évoquées sont : les parents estiment que la pression automobile rend les routes trop dangereuses, une motorisation précoce des jeunes, l'éparpillement des lieux d'activités fréquentés par les jeunes, etc.



Distribution des accidents selon la gravité sur une journée de 24 heures

4.5



Distribution des accidents selon l'âge et les jours de la semaine

4.6

Les impacts des aménagements cyclables à même la chaussée sur la sécurité routière à Montréal

Le Graphique 4-6 croisant la fréquence des accidents par cohortes d'âge aux jours de la semaine, n'envoie pas un message très différent et complète même celui croisant les catégories d'accidents et les heures d'une journée. Les deux distributions des deux figures précédentes permettent de reconnaître que l'usage utilitaire du vélo fait bel et bien partie des choix modaux à Montréal. De plus, les deux sommets, montrés par les fréquences d'accidents coïncidant aux périodes de pointes des jours ouvrables, confirment une grande présence de cyclistes sur les routes durant ces heures.

Durant les cinq années de données, le nombre d'accidents en pointe du matin est de 485 et de 1326 en pointe du soir, soit 49 % du nombre total d'accidents. Donc, l'association de ces accidents à des navetteurs (déplacements pour motifs autres que le loisir) se veut une anticipation qui n'est pas trop loin de la réalité.

4.2 CARACTÉRISTIQUES DES ACCIDENTS – PROFIL DES VÉHICULES MOTORISÉS IMPLIQUÉS

Un autre élément de données, tout aussi chargé d'informations et pouvant apporter sa contribution dans la compréhension des observations, est le profil du second véhicule impliqué dans ces accidents, qui dans le cadre de ce travail est un véhicule motorisé.

À Montréal, les nouvelles infrastructures cyclables, pour des considérations spatiales déjà mentionnées, sont plus susceptibles d'être aménagées sur le réseau artériel. Or, la circulation lourde n'est autorisée que sur ces artères et elles sont aussi les seules capables d'accueillir les mouvements de giration que nécessitent certains types de camions. Des cyclistes seraient-ils de ce fait plus à risque de partager la voirie publique avec une circulation composée à la fois de véhicules particuliers et de camions? Toutefois, la lecture du tableau suivant ne permet pas de valider cette proposition.

Dans un premier temps, il faut souligner que les constats du Tableau 4-1 ne diffèrent pas de ce que toutes les analyses précédentes ont mis en lumière. En plus, il révèle que les véhicules particuliers sont plus dangereux pour les cyclistes à Montréal. Contrairement, les camions et autres véhicules de tonnage plus élevé que les voitures particulières ne font pas grimper les statistiques. Ils représentent 2 % du total des accidents sur les cinq années. Le pourcentage de camions sur les artères de la ville est bien au-delà de ce maigre 2 %, surtout

avec la nouvelle logique de production à flux tendus (Just-in-time). Ils font en moyenne un peu plus de 13 accidents par année parmi les cyclistes. Encore mieux, les camions sont responsables d'un accident mortel et d'un seul avec blessures graves durant les cinq années de données. Ce chiffre, y compris le nombre d'accidents en valeur absolue, est à la baisse sur les 5 années de données disponibles.

Tableau 4-1 Répartition des accidents par gravités et types de véhicules motorisés

Année	Type de Véhicules	Gravité des Accidents				Sous Total
		BI. Mortelles	BI. Graves	BI. Légères	Dom. Matériels	
2003	Autobus			1	1	2
	Autobus scolaire			1		1
	Automobile	2	29	619	52	702
	Camion léger			11	1	12
	Taxi			1		1
	Sous Total 2003	2	29	633	54	718
2004	Autobus				1	1
	Automobile	2	45	608	98	753
	Camion			3		3
	Camion léger			5	3	8
	Taxi			2		2
	Véhicule d'urgence			1		1
	Sous Total 2004	2	45	619	102	768
2005	Autobus				1	1
	Automobile	2	40	605	96	743
	Camion			3		3
	Camion léger		1	13	1	15
	Tracteur routier			1		1
	Sous Total 2005	2	41	622	98	763
2006	Autobus			2		2
	Automobile	2	40	549	112	703
	Camion léger			6	1	7
	Taxi			1	1	2
	Tracteur routier	1				1
	Sous Total 2006	3	40	558	114	715
2007	Autobus			1		1
	Automobile	1	22	595	95	713
	Camion léger	1		7	1	9
	Taxi				1	1
	Sous Total 2007	2	22	603	97	724
Grand Total		11	177	3035	465	3688

Les mêmes constats persistent en ajoutant à ce portrait les autobus scolaires, les autobus de transports collectifs, les véhicules d'urgence et les taxis. Sachant que les conducteurs de ces types de véhicules sont des professionnels du volant ayant une formation adaptée, il y a lieu d'en faire, sous toutes réserves, un facteur explicatif. Sans négliger le fait que la perception des cyclistes par rapport aux véhicules lourds peut forcer un comportement de prudence lors du partage de la chaussée avec des véhicules lourds et vice-versa. Car ils représentent une menace plus grande et plus « crédible » pour ces usagers.

4.3 CARACTÉRISTIQUES DES ACCIDENTS – DISTRIBUTION SPATIALE

Ce travail s'intéresse aux aménagements cyclables qui sont dans les emprises de la voirie publique et qui obligent les divers usagers à partager la chaussée. Donc, ce portrait de la situation de la sécurité des cyclistes à Montréal est avant tout une première démarche pour mesurer l'accueil et la place faite au vélo dans le cadre d'une mixité de la circulation.

Une variable importante est l'endroit où a eu lieu un accident. Les procès-verbaux permettent de localiser selon une bonne approximation le lieu de l'impact. La valeur du champ (PRESDE) des enregistrements permet de situer l'intersection la plus proche de l'endroit où a lieu la collision. Les coordonnées géographiques des intersections de la ville de Montréal sont déjà géocodées (couche MapInfo fournie), la distance relevée dans le formulaire du constat de police suffit pour compléter le processus de géocodage.

4.3.1 Proximité des intersections : zones dangereuses pour les cyclistes

Les auteurs de beaucoup de recherches de la revue de littérature ont mis l'emphase sur le rôle des discontinuités sur la fréquence des accidents. La disponibilité de la variable permettant de situer un accident sur la chaussée amène une autre dimension d'analyse dans ce travail. Elle permet de comparer les patrons d'accidents recensés à Montréal et les autres territoires étudiés.

Afin d'y procéder, la variable « distance à l'intersection la plus proche où a lieu la collision » a été agrégée en trois modalités. Elles sont les suivantes : de 0 à 10 mètres – l'accident a eu lieu dans l'intersection; de 11 à 100 mètres – l'accident survint à proximité ou dans la zone de décision et finalement 100 mètres ou plus – on le considère avoir eu en section courante (zone qui relie deux intersection et qu'on estime assez éloignée pour ne pas être influencée

par les conditions aux carrefours aux extrémités). Il faut noter que la distance mentionnée tient compte de l'aire d'influence d'un carrefour, (soit un tampon d'environ 30 mètres de rayon du point d'intersection des axes des jambes d'un carrefour). Donc, la première modalité (de 0 à 10 mètres) élargit encore cette zone tampon au-delà des lignes d'arrêt aux approches. Cet élargissement permet d'associer aussi à l'intersection la zone de décrochage des voies cyclables au carrefour.

L'agrégation des accidents en fonction de leur gravité et de la distance par rapport à l'intersection est montrée au Tableau 4-2

Tableau 4-2 Localisation des accidents par rapport à une intersection

Gravité	Distance	Année des accidents				
		2003	2004	2005	2006	2007
Mortelles	0 - 10	2	2	2	2	2
	11-100	0	0	0	0	0
	100 à plus	0	0	0	1	0
Graves	0 - 10	23	40	33	33	17
	11-100	4	4	8	7	5
	100 à plus	2	1	0	0	0
Légères	0 - 10	509	488	512	462	501
	11-100	109	118	104	93	96
	100 à plus	15	13	6	3	6
Dom, Matériels	0 - 10	34	81	75	91	80
	11-100	18	16	21	20	15
	100 à plus	2	5	2	3	2

Les aménagements sur rue, comme mentionné ci-dessus, obligent un partage de la chaussée entre les cyclistes et les automobilistes. Ainsi, la disponibilité des deux variables DISTANCE et DIRECTIO (voir leurs descriptions ci-avant) permet de valider ou non les prémices de la revue de littérature (ressemblance ou dissemblance du cas montréalais) (Pucher, 2001).

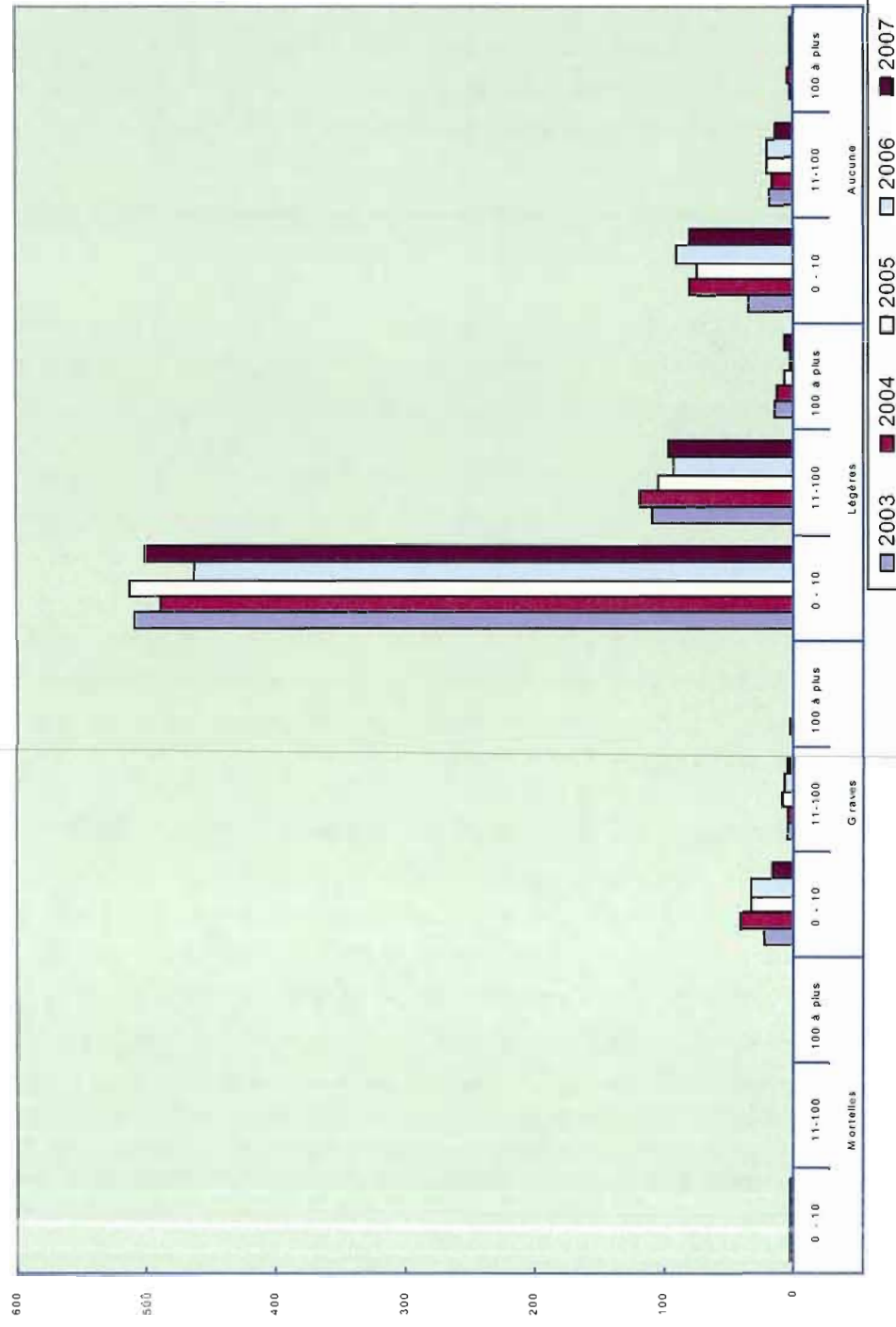
Un calcul de pourcentage sur les chiffres du Tableau 4-2 montre que 81 % des collisions ont lieu immédiatement ou dans un rayon de 10 mètres à proximité d'une intersection. Le Graphique 4-7 illustre aussi le fait qu'à l'intérieur des quatre modalités de la gravité et les trois tranches de distance, les colonnes représentant les valeurs de la catégorie distance de 0 à

10 mètres sont toujours supérieures et de loin à celles des autres. Il faut aussi noter que seulement 2 % des accidents sont localisés en section courante. Ce qui confirme les résultats des recherches de la revue de littérature scientifique sur le rôle des intersections ou plus globalement des discontinuités (Krizek et Roland, 2005 ; Loukaitou-Sideris, Liggett et Sung, 2007). Ce fait traduit aussi qu'aux intersections, les cyclistes sont plus exposés aux risques, comparativement aux autres zones d'un réseau cyclable.

De plus, 85 % de tous les accidents avec blessures mortelles et graves ont eu lieu aussi au niveau des intersections ou dans leur voisinage le plus immédiat. Dans la même logique, 10 des 11 accidents ayant causé des morts ont eu lieu dans ce même périmètre.

Une lecture longitudinale des données, sur la localisation des accidents impliquant les cyclistes dans le Tableau 4-2 sur lequel est basé le Graphique 4-7, a aussi clairement démontré qu'au fil des années les intersections restent des points noirs du réseau routier selon le concept défini par Flahaut (2004). S'agit-il des accidents les plus graves impliquant les cyclistes? (voir les deux premières lignes tramées et avec une bordure plus foncée du même tableau). Ce tableau révèle aussi que le nombre de tués est stable au fil des ans, mais depuis 2005 il y a une tendance vers une diminution des accidents avec blessures graves même à proximité des carrefours.

Il faut aussi remarquer, qu'à la lumière des chiffres du tableau précédent, que l'expérimentation des nouveaux aménagements cyclables n'est pas source d'une croissance du nombre d'accidents en tronçon comme prévue dans la revue de littérature (Smith Jr. et Walsh, 1988). Sachant que les nouveaux aménagements ont fait leur apparition à Montréal en 2005, il aurait été normal de constater une hausse de la fréquence des accidents ou au pire une aggravation des dommages sur cette partie de la voirie publique. Mis à part un mort en section courante en 2006, force est de constater une diminution des accidents durant les trois dernières années de la série et ce pour toute les modalités de la gravité des accidents.



Section II - Analyses statistique et comparative

4.4 CROISEMENT LONGITUDINAL DE LA FREQUENCE ANNUELLE ET DE LA GRAVITE

Une question pertinente est : y a-t-il des variations annuelles de la gravité observé des accidents? Les graphiques ci-après commentés n'ont pas montré une différence claire du nombre d'accidents recensés d'une année à l'autre, mais plutôt une relative stabilité. Le nombre d'accidents donnant lieu à des blessures mortelles est très constant, en moyenne deux par années.

En se concentrant sur les trois autres catégories, y aurait-il moyen de dégager une différence significative sur les variables l' « occurrence des accidents » et la « gravité des accidents » durant les cinq années de données disponibles?

À partir d'un tableau de contingence, nous avons ainsi comparé le degré de ressemblance ou de dissemblance dans la distribution des différentes catégories durant les cinq années.

Pour le tableau de contingence 4-3, le Khi carré calculé est égal à 33 avec 8 degrés de liberté. Au seuil de signification de 0,05, le Khi carré théorique est égal à 15.50. Autrement dit, dans une situation d'indépendance entre les deux variables qualitatives, il existe une probabilité de 5 % que le Khi carré calculé soit égal ou supérieur à 15.50.

Donc, on peut conclure une forte association entre les années et la gravité des accidents. Donc l'hypothèse de départ stipulant que les deux variables qualitatives « occurrence des accidents » et « gravité des accidents » sont indépendantes est réfutée. Ce test est statistiquement significatif à plus de 99 %.

Tableau 4-3 Tableau de contingence année des accidents selon la gravité

Année des accidents * gravité des accidents					
Année des Accidents		Gravité			Total
		Dom. Matériels	Graves	Légères	
2003	Fréquences observées	54	28	608	690
	Fréquences théoriques	87,8	33,8	568,4	690,0
	% en ligne	7,8 %	4,1 %	88,1 %	100,0 %
	% en colonne	11,8 %	15,9 %	20,5 %	19,2 %
	% Total	1,5 %	,8 %	16,9 %	19,2 %
	Déviations	-33,8	-5,8	39,6	
2004	Fréquences observées	101	45	607	753
	Fréquences théoriques	95,9	36,8	620,3	753,0
	% en ligne	13,4 %	6,0 %	80,6 %	100,0 %
	% en colonne	22,1 %	25,6 %	20,5 %	20,9 %
	% Total	2,8 %	1,3 %	16,9 %	20,9 %
	Déviations	5,1	8,2	-13,3	
2005	Fréquences observées	97	41	612	750
	Fréquences théoriques	95,5	36,7	617,8	750,0
	% en ligne	12,9 %	5,5 %	81,6 %	100,0 %
	% en colonne	21,2 %	23,3 %	20,6 %	20,8 %
	% Total	2,7 %	1,1 %	17,0 %	20,8 %
	Déviations	1,5	4,3	-5,8	
2006	Fréquences observées	113	40	550	703
	Fréquences théoriques	89,5	34,4	579,1	703,0
	% en ligne	16,1 %	5,7 %	78,2 %	100,0 %
	% en colonne	24,7 %	22,7 %	18,6 %	19,5 %
	% Total	3,1 %	1,1 %	15,3 %	19,5 %
	Déviations	23,5	5,6	-29,1	
2007	Fréquences observées	93	22	587	702
	Fréquences théoriques	89,4	34,3	578,3	702,0
	% en ligne	13,2 %	3,1 %	83,6 %	100,0 %
	% en colonne	20,3 %	12,5 %	19,8 %	19,5 %
	% Total	2,6 %	,6 %	16,3 %	19,5 %
	Déviations	3,6	-12,3	8,7	

Le Tableau 4-4 illustre ce fait, car le logiciel SPSS pour l'exprimer affiche la valeur 0.000 signifiant que la valeur calculée est très faible.

Tableau 4-4 Statistique et signifiante du KHI-CARRÉ

Test du KHI-CARRÉ			
	Valeur	Degré de liberté	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	33,000 ^a	8	,000
Likelihood Ratio	35,104	8	,000
N of Valid Cases	3598		

a. 0 cellules (0,0%) ont une fréquence moins que 5.

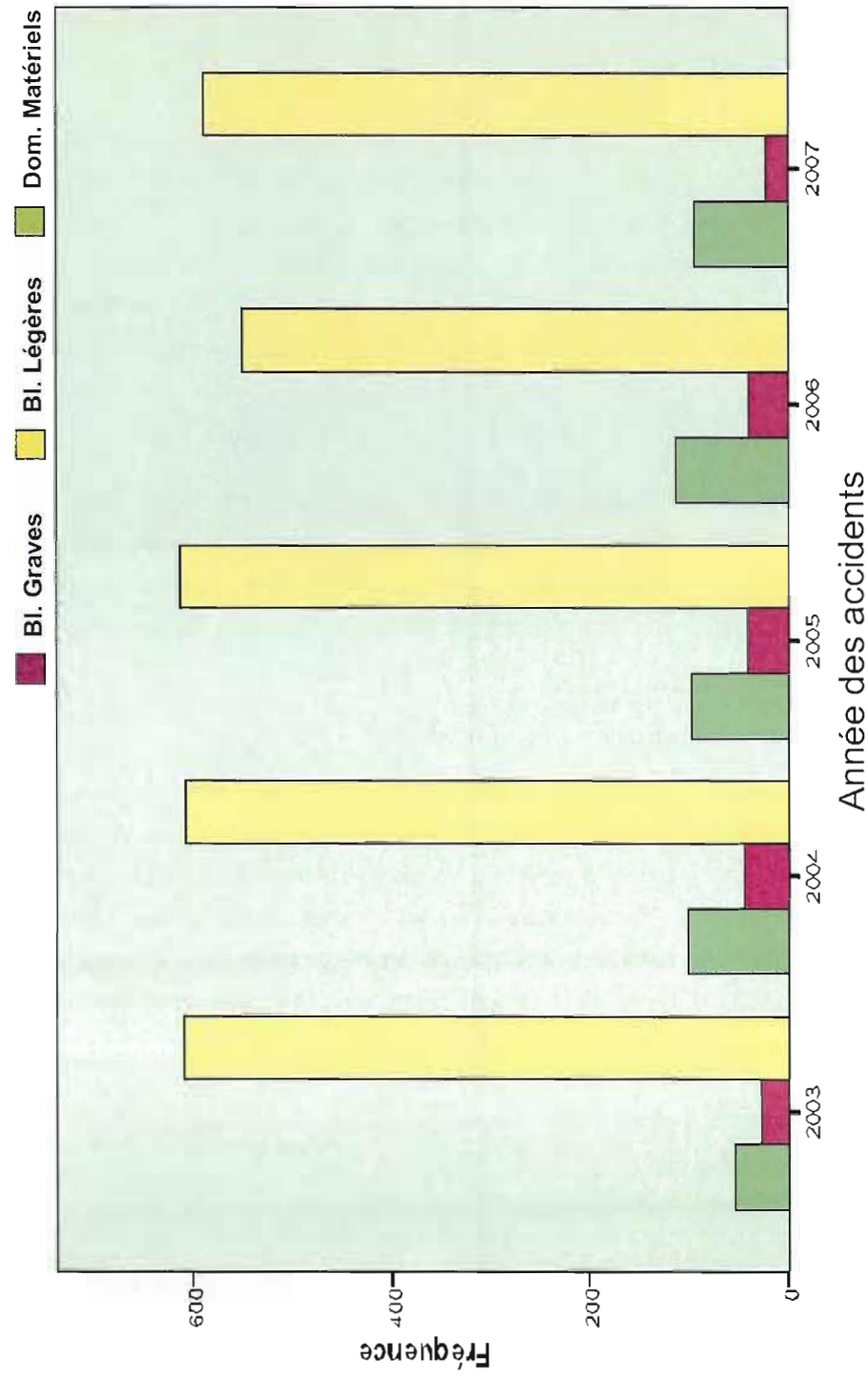
Au Tableau 4-3, les cellules grisées ont permis de mettre en relief les plus grandes déviations du tableau de contingence. Une déviation grande et positive exprime une surreprésentation tandis que si elle grand et négative elle indique une sous-représentation. En 2003, on a une sous-représentation des dommages matériels et l'inverse pour les blessures légères. Les années suivantes ont montré une tendance vers une sous-représentation des blessures légères et surreprésentation des dommages matériels. Les blessures graves en raison de déviations faibles, durant les quatre premières années, n'ont pas mérité d'une attention particulière. Elles ont été en sous-représentation à la dernière année

En considérant ces déviations, il y a lieu de constater une tendance de sous-représentation des accidents graves et de surreprésentation des deux autres modalités (dommages matériels et légères) au fil des ans. Les données actuelles sur cinq ans, si elles ne contredisent pas de conclure très franchement en une situation d'accueil favorable du cycliste sur la chaussée, sans pour autant permettre de parler d'hostilité. La conclusion aurait été plus tranchée si tous les autres facteurs liés à la sécurité des cyclistes avaient été pris en compte dans l'analyse.

Le Graphique 4-8 apporte une dimension complémentaire à l'analyse et révèle bien que d'une année à l'autre, il y a de nouvelles compositions des catégories de gravité des accidents. Cette analyse statistique permet les conclusions suivantes :

- les blessures graves diminuent et sont au plus bas en 2007;
- les accidents avec dommages matériels sont en nette augmentation;
- et les blessures légères sont plutôt stables.

Ces faits dressent un portrait assez encourageant du fait que les accidents les plus graves, qui engendrent de coûts socio-économiques élevés ou qui ont des incidences plus considérables sur le réseau des infrastructures sociales et sanitaires, sont à la baisse ou stables (nombre de tués).



Histogramme des fréquences du tableau de contingence

4.5 VISUALISATION DES LIEUX D'IMPACTS

Pour chacune des années, deux figures sont présentées. La première illustre la localisation des points d'impact sur l'entièreté des arrondissements de l'île de Montréal, tandis que la seconde est une vue agrandie des arrondissements centraux. La seconde figure permet d'avoir un portrait de l'évolution du nombre des accidents et la tendance spatiale dans les secteurs proches du centre-ville au cours des cinq années. Pour les deux dernières années, 2006 et 2007, deux illustrations additionnelles sont présentées. Elles permettent de comparer s'il y a une juxtaposition entre les lignes d'accidents et les tracés des infrastructures cyclables existantes.

Tout au long de l'analyse spatiale, le symbole et la signification des couleurs ont été maintenus constants durant les cinq années. Le lieu d'impacts est marqué par le symbole d'une étoile. La couleur des symboles varie du rouge au vert, soit le rouge pour les blessures mortelles et le vert pour les cas d'accidents ne faisant que des dommages matériels uniquement.

4.5.1 Ressemblance spatiale à travers le temps (2003 à 2007)

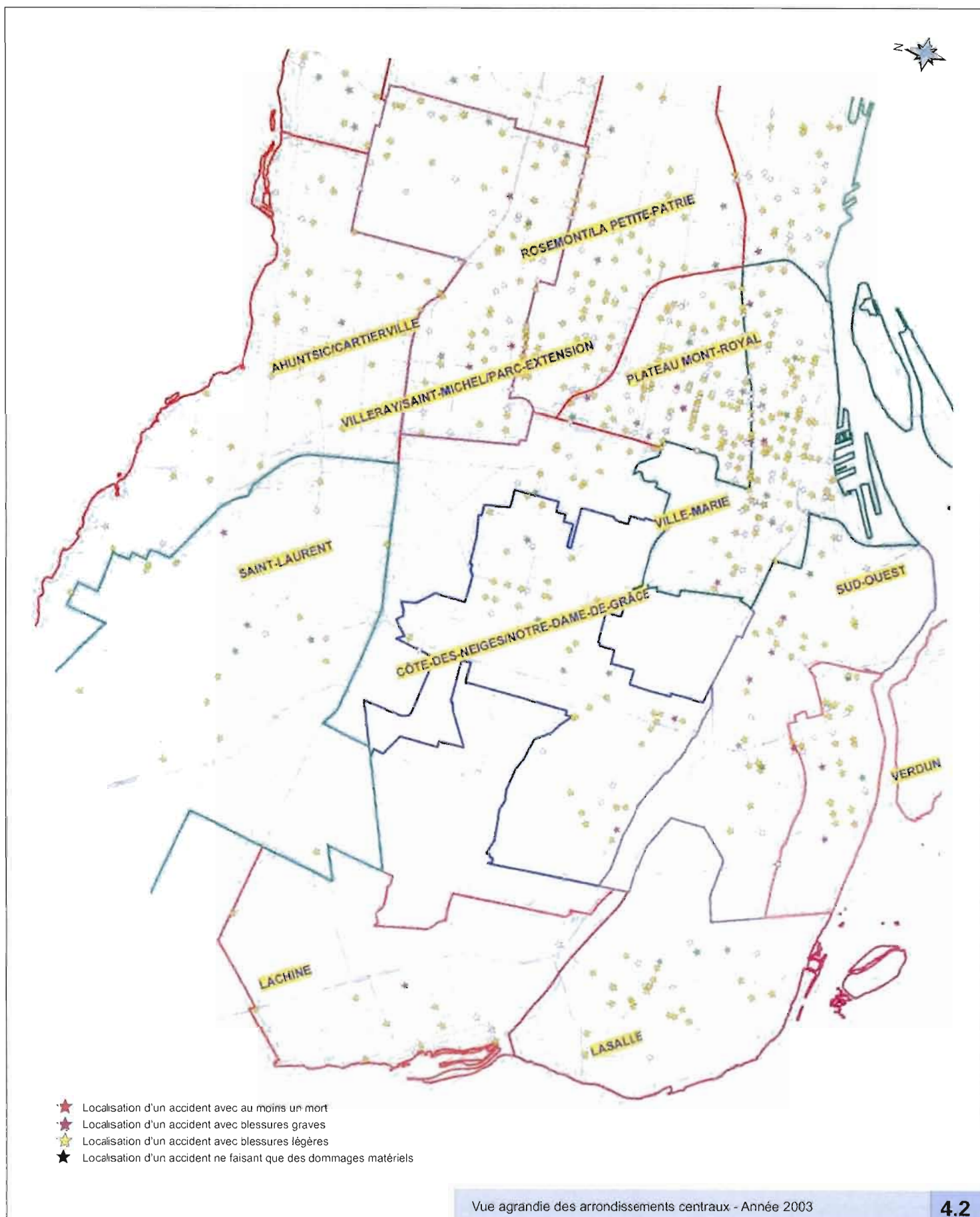
La ventilation des accidents par année et par gravité a été visualisée en utilisant le logiciel de système d'informations géographiques MapInfo pour fins d'analyses spatiales. Les différentes figures résultantes de cet exercice servent à soutenir visuellement les analyses spatiales. Elles montrent de grandes similitudes durant les cinq années. Les données des cinq années disponibles montrent une distribution spatiale des accidents circonscrite majoritairement à l'intérieur des limites de quelques arrondissements, avec quelques axes de la ville de Montréal bien précis comme périmètre du noyau le plus dense en accidents.

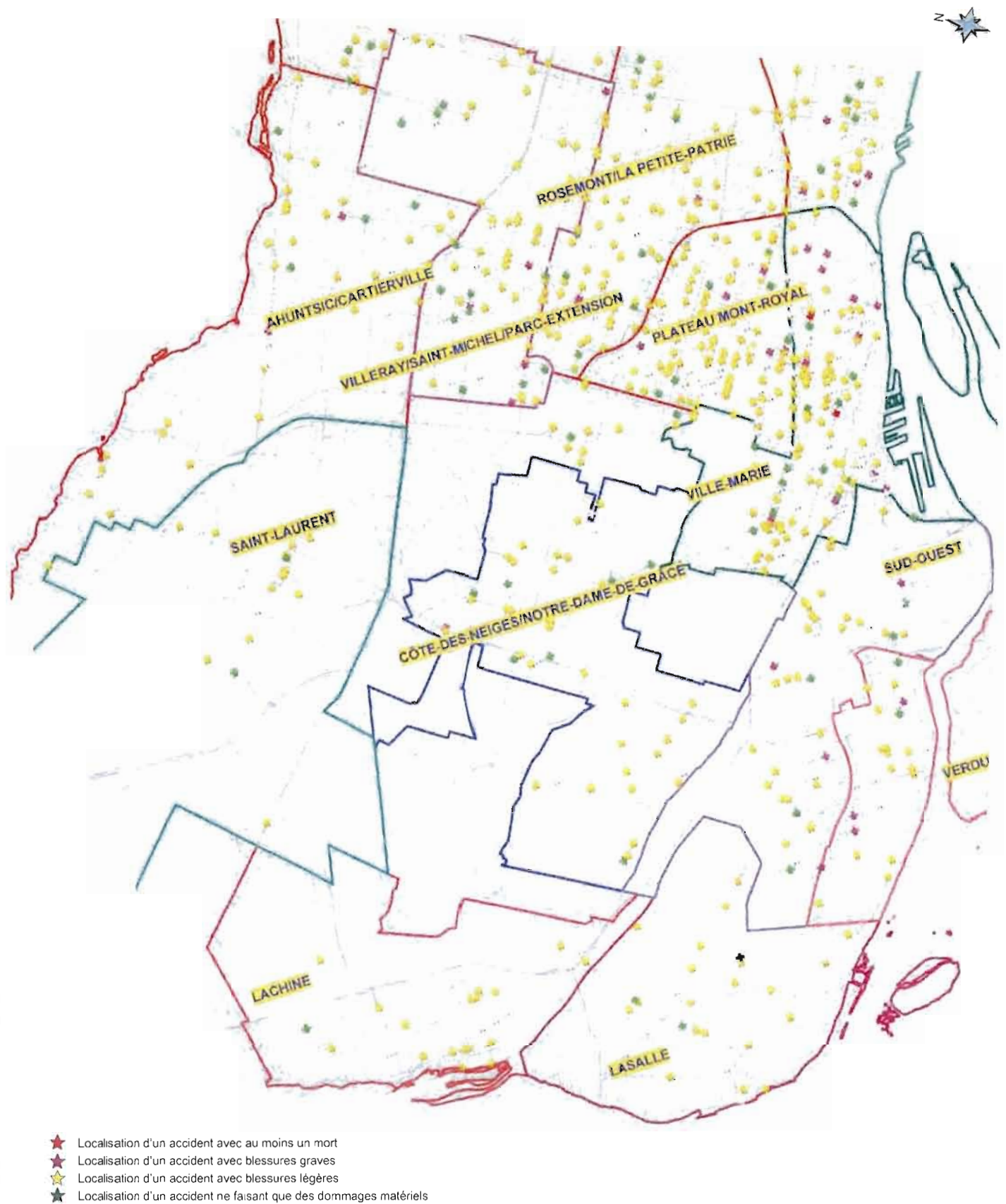
Il y a, en tout premier lieu, une concentration assez marquée des accidents aux arrondissements du Plateau Mont-Royal, de Rosemont-Petite-Patrie et de Ville-Marie. Ensuite, le nuage de points se fait moins dense à l'est de ces arrondissements et au nord. Proches des berges nord et sud des deux fleuves, les points se dispersent vers l'est et l'ouest en deux filets. Ceux de l'est sont plus perceptibles et semblent se confiner à proximité des berges de l'île. À l'ouest, les points sont plus diffus, au sud le filet de points longe les rives du Canal Lachine et au nord les berges de la Rivière-des-Prairies. Mises à part ces zones de

grandes densités, des poches très diffuses apparaissent ici et là d'une année à l'autre. Ces faits sont illustrés sur les Figures 4-1 à 4-14.

À travers les cinq années, la concentration des accidents à l'intérieur du périmètre formé par les axes Jean-Talon au nord, les rues Notre-dame et Viger au sud, les rues Parc à l'ouest et d'Iberville à l'est demeure assez constante. Ce qui varie d'une année à l'autre est la couleur du symbole (une étoile) représentant le point d'impact des accidents. Comme mentionné plus haut, la couleur du symbole représente la sévérité de la blessure infligée aux cyclistes durant une collision.

Les figures montrant un agrandissement des secteurs centraux de l'île confirment une distribution spatiale avec les caractères suivants : une inégalité très marquée, un resserrement du nord vers le sud et une densification de l'est vers l'ouest. Dans la direction nord-sud, les symboles se localisent à proximité ou sur les artères qui se poursuivent à travers les barrières constituées par les voies ferrées. Le portrait change à l'ouest des secteurs centraux, il y a une tendance plus marquée d'une distribution linéaire est-ouest de part et d'autre du corridor autoroutier et ferroviaire constitué par l'autoroute 720 et les voies ferrées.



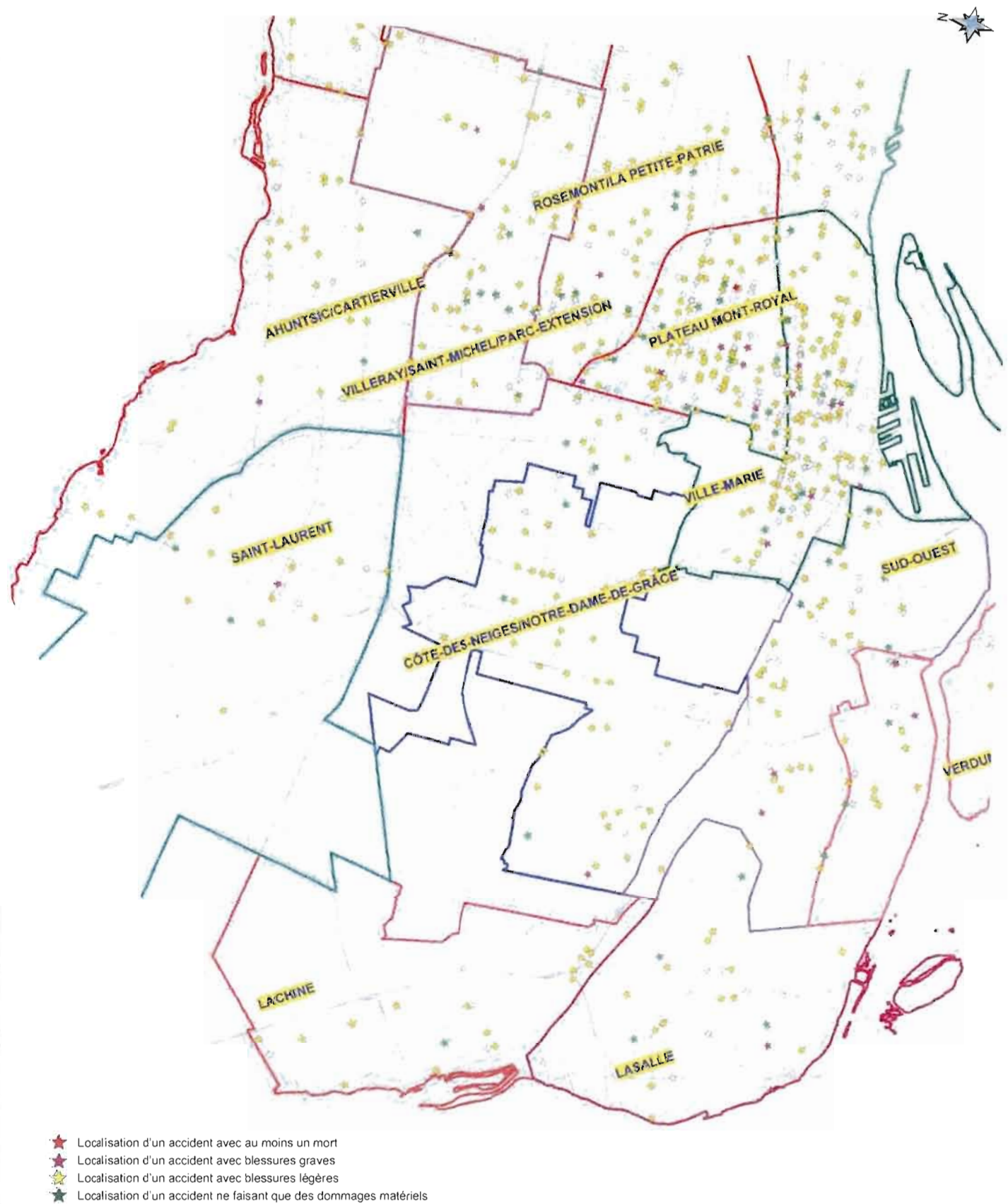


Vue agrandie des arrondissements centraux - Année 2004

4.4

Les impacts des aménagements cyclables à même la chaussée sur la sécurité routière à Montréal

juillet 2011

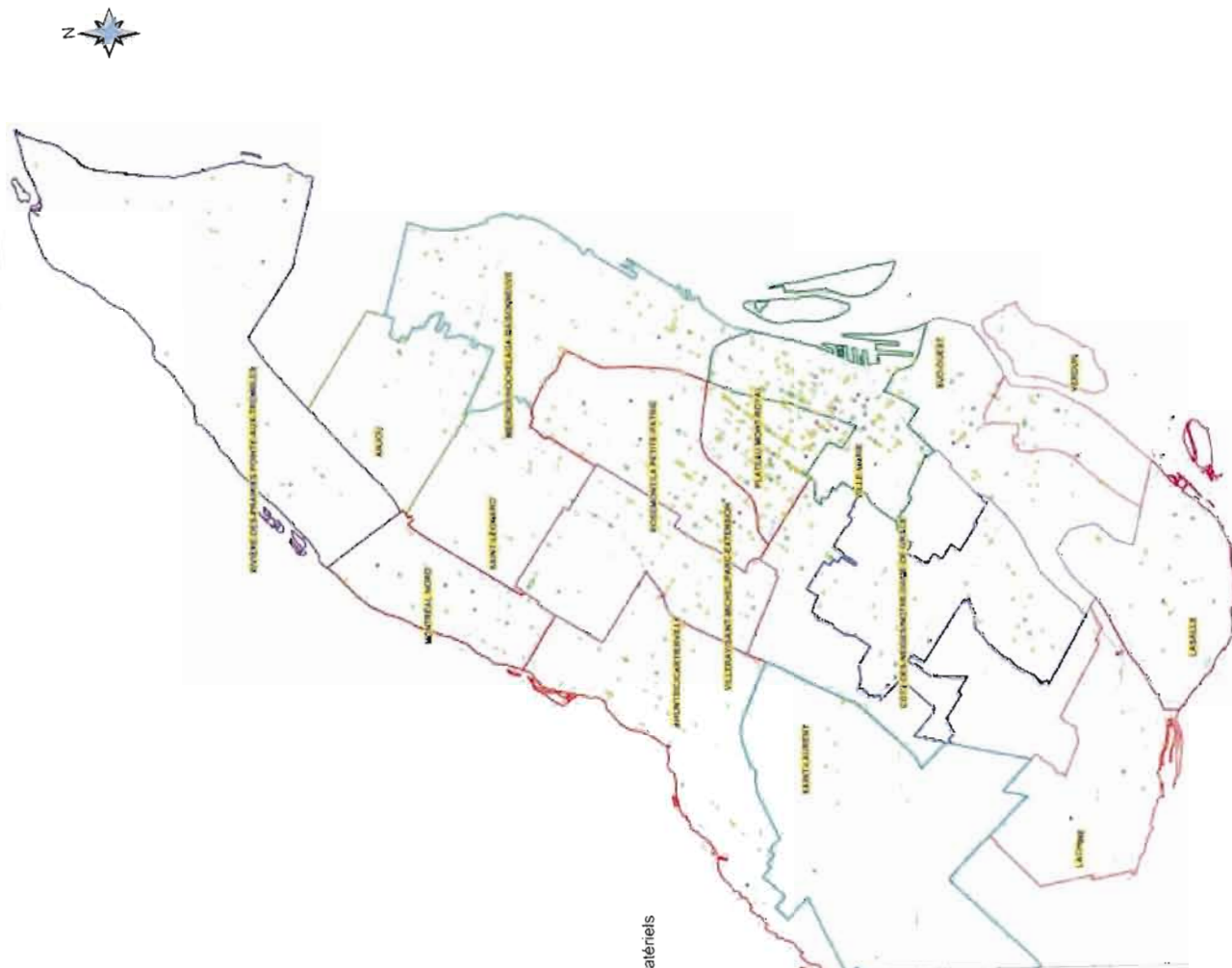


Vue agrandie des arrondissements centraux - Année 2005

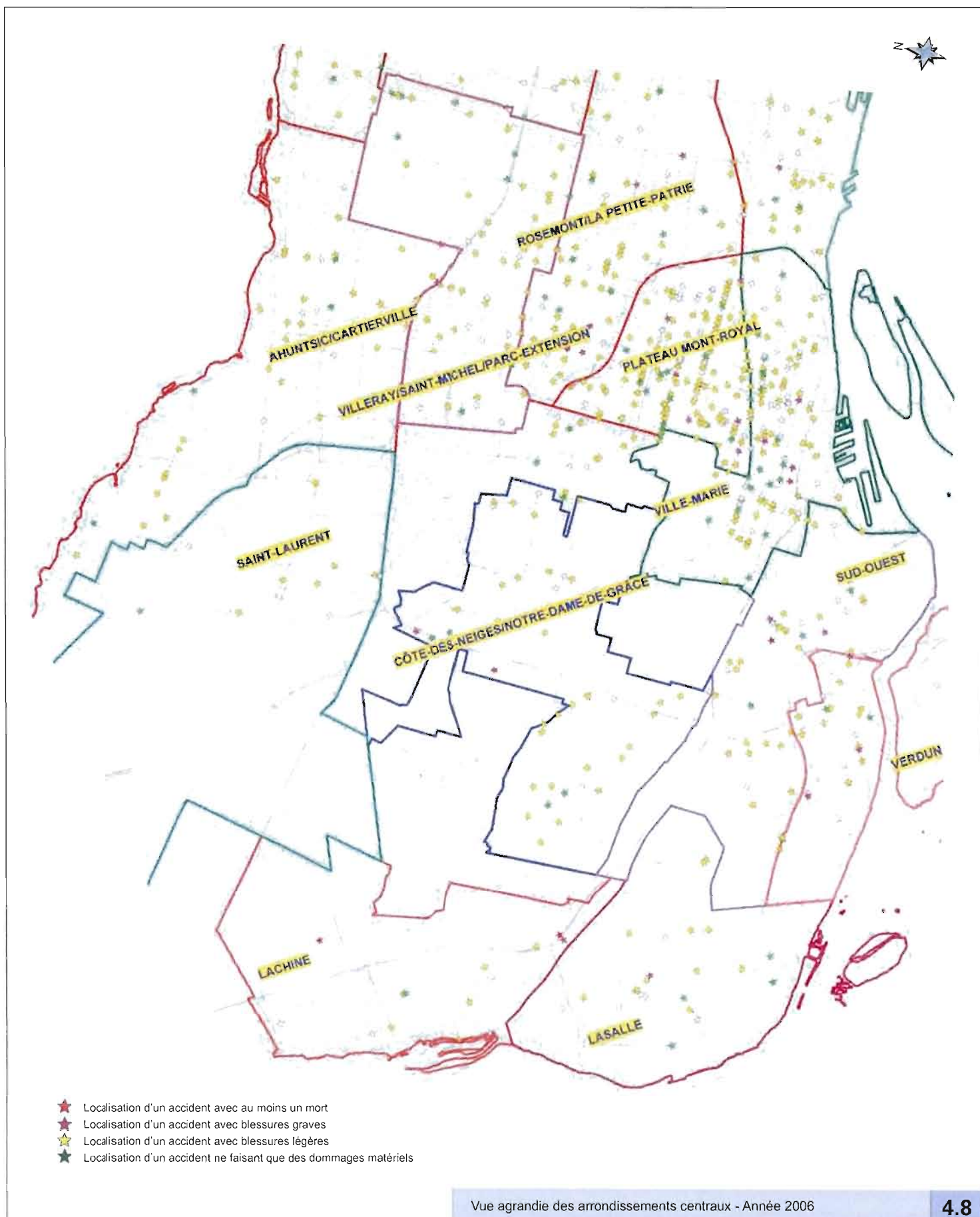
4.6

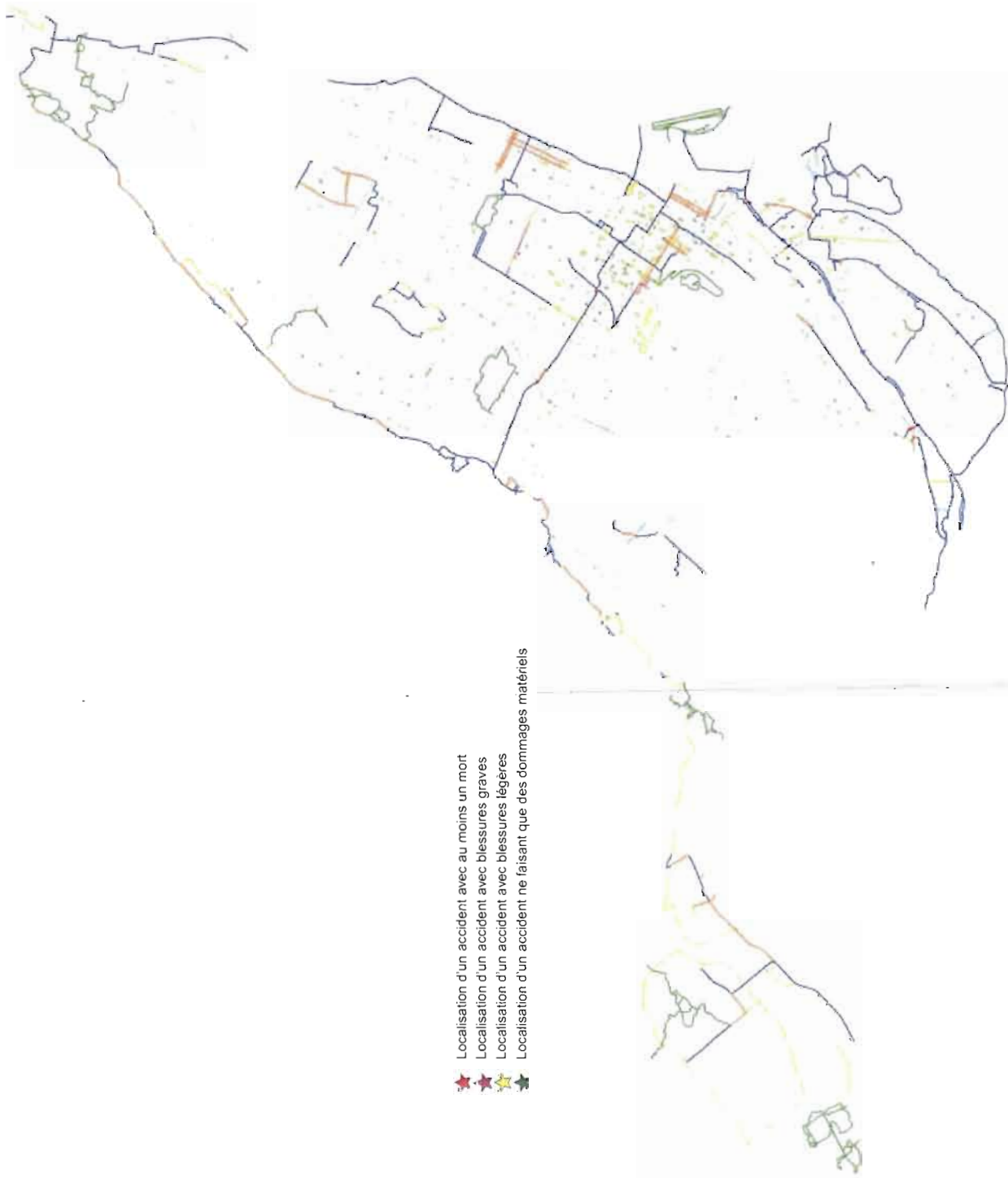
Les impacts des aménagements cyclables à même la chaussée sur la sécurité routière à Montréal

juillet 2011



4.7



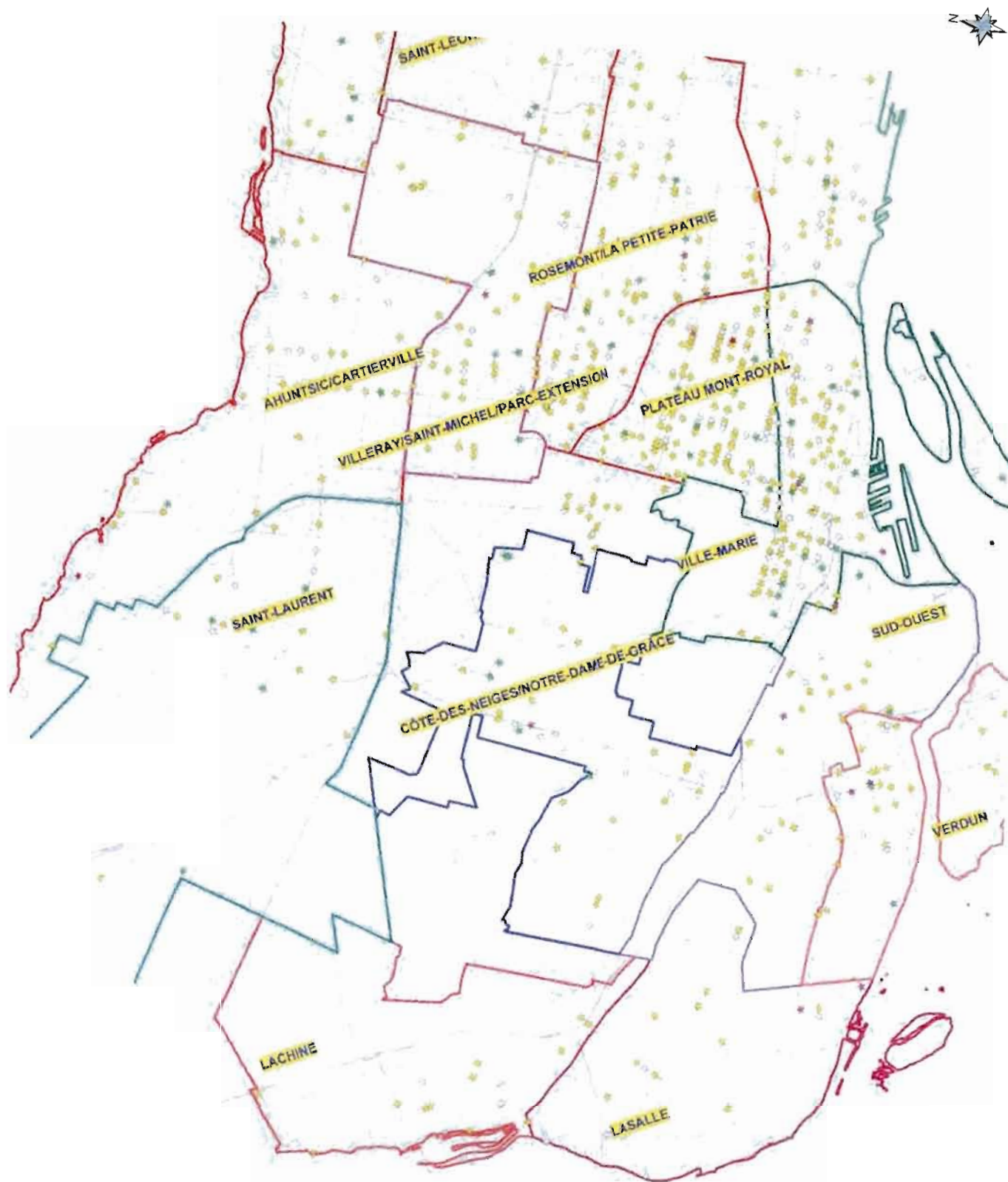


- ★ Localisation d'un accident avec au moins un mort
- ★ Localisation d'un accident avec blessures graves
- ★ Localisation d'un accident avec blessures légères
- ★ Localisation d'un accident ne faisant que des dommages matériels

Distribution spatiale des accidents - Année 2006
(Infrastructures cyclables)



Les impacts des aménagements cyclables à même la chaussée sur la sécurité routière à Montréal



- ★ Localisation d'un accident avec au moins un mort
- ★ Localisation d'un accident avec blessures graves
- ★ Localisation d'un accident avec blessures légères
- ★ Localisation d'un accident ne faisant que des dommages matériels

Vue agrandie des arrondissements centraux - Année 2007

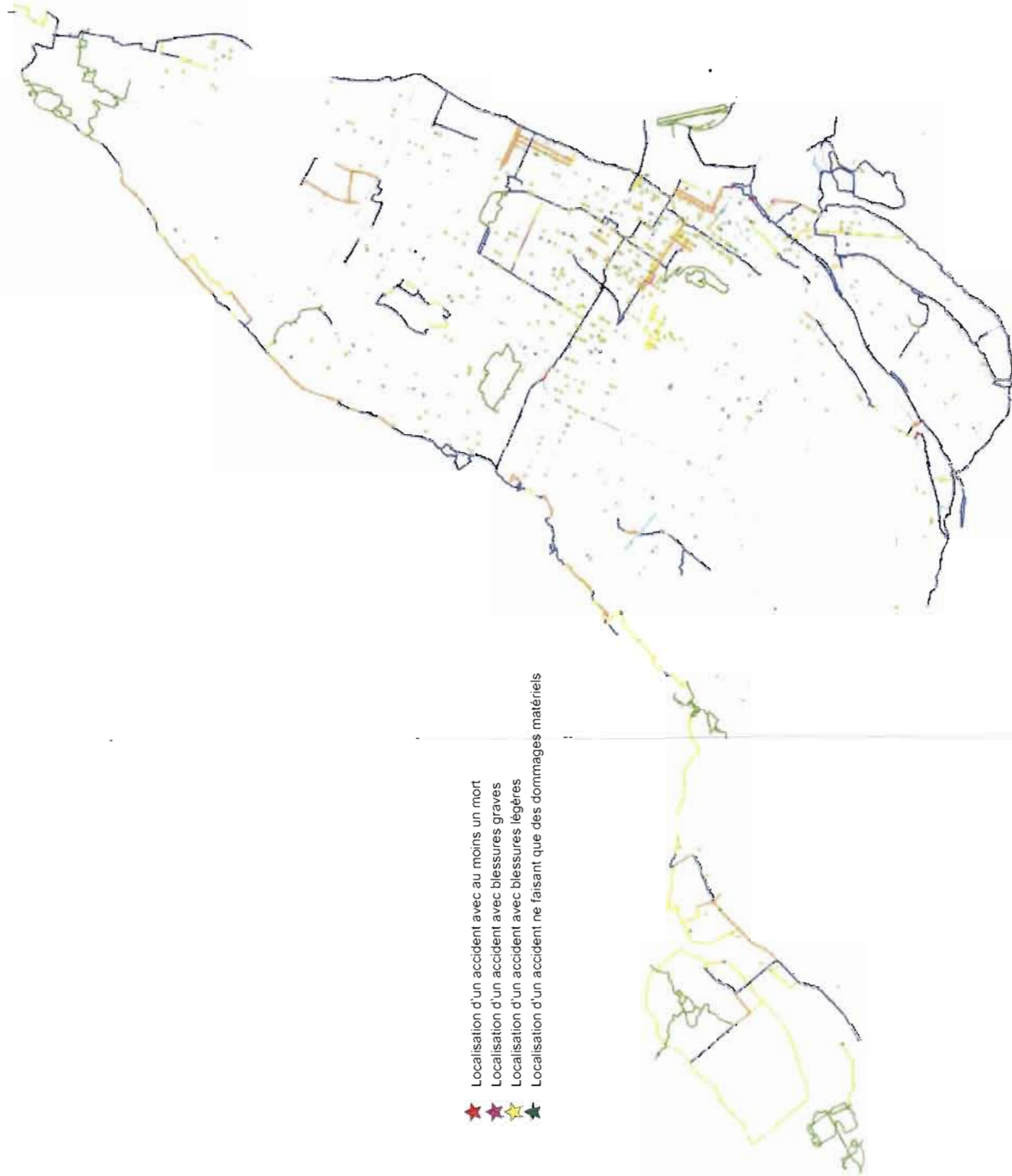
4.12

Les impacts des aménagements cyclables à même la chaussée sur la sécurité routière à Montréal

juillet 2011



- ★ Localisation d'un accident avec au moins un mort
- ★ Localisation d'un accident avec blessures graves
- ★ Localisation d'un accident avec blessures légères
- ★ Localisation d'un accident ne faisant que des dommages matériels



Distribution spatiale des accidents - Année 2007
(Infrastructures cyclables)



- ★ Localisation d'un accident avec au moins un mort
- ★ Localisation d'un accident avec blessures graves
- ★ Localisation d'un accident avec blessures légères
- ★ Localisation d'un accident ne faisant que des dommages matériels

Vue agrandie des arrondissements centraux - Année 2007
(Infrastructures cyclables)

4.14

Les impacts des aménagements cyclables à même la chaussée sur la sécurité routière à Montréal

juillet 2011

4.5.2 Dissemblance spatiale : une analyse détaillée par année (2003 à 2007)

Si globalement le schéma de distribution spatiale des données apparaît assez stable, une lecture plus rapprochée permet de constater d'importantes différences au cours des années. En considérant dans un premier temps les deux premières séries de données (2003-2004), soit les illustrations des figures 4-9 à 4-12, les séries ne permettent pas d'identifier un patron régulier dans la localisation des accidents. Un événement représente une collision survenue sur la voirie publique où il n'y a pas forcément de barrière physique s'interposant entre les cyclistes et les automobilistes. Donc, un point d'impact est situé dans les limites de l'emprise réservées à la circulation ou au stationnement. En faisant abstraction de la fréquence, il est très difficile de déceler un schéma clair qui pourrait être associé à un effet de transport ou d'aménagements urbains. Même confiné à l'intérieur du périmètre formé par les axes Jean-Talon au nord, les rues Notre-dame et Viger au sud, les rues Parc à l'ouest et d'Iberville à l'est, les points sont disséminés très irrégulièrement et ne forment pas un patron associable à un schéma connu. Les nuages de points jouxtant les rives des fleuves aux pointes est et ouest de l'île forment une trace beaucoup plus dense.

Cependant, en 2005, il semble se dessiner aux arrondissements centraux un patron plus rectangulaire. Les accidents semblent s'aligner majoritairement sur les artères en direction est-ouest. Il y a un resserrement dans la distribution des points d'impact. Ils suivent les axes qui sont continus et qui traversent l'île et ce, sur un ensemble d'artères proches du centre-ville.

La tendance qui commençait à se dessiner en 2005 prend une forme plus marquée en 2006 et 2007 (voir Figures 4-5 à 4-12). Les points d'impact s'alignent presque sur les pénétrantes en direction est-ouest, à l'est de l'avenue du Parc et à proximité du centre-ville et de ses arrondissements périphériques. Les accidents restent plus probables aux intersections, mais la densité axiale observée dans la direction est-ouest du patron spatial apparaît moins bien définie sur les artères nord-sud à proximité du centre-ville. Les points d'impacts sur les artères nord-sud sont plus éloignés les uns des autres, contrairement à ceux distribués dans la direction est-ouest. Ce phénomène traduit-il une plus grande utilisation du vélo à destination ou à l'origine des arrondissements de l'est? Une question à laquelle on ne peut

répondre en l'absence d'observations ou de données complémentaires. D'autres explications, tout aussi probables, pourraient être que :

- 1) Les rues en direction est-ouest sont à une altitude peu variable, ce qui n'est pas le cas des axes nord-sud (les pentes des rues nord-sud);
- 2) Les voies ferrées et les autoroutes constituent des barrières aux cheminements des cyclistes. Les cyclistes utiliseraient ainsi les pénétrantes nord-sud pour franchir les barrières pour ensuite continuer leurs parcours sur un axe est-ouest jusqu'à leurs destinations finales.

La visualisation spatiale révèle aussi qu'en 2006 et 2007, en comparant des territoires identiques, les couleurs indiquant la gravité se sont modifiées. Ainsi, depuis 2006, et plus spécifiquement en 2007, le symbole de couleur verte indiquant le niveau de gravité le moins sévère a augmenté parallèlement à une diminution du jaune qui est d'un niveau de gravité plus élevé. Il faut aussi souligner que cette évolution de la couleur des symboles de la visualisation spatiale est cohérente avec les conclusions antérieurement ressorties dans la première partie de ce chapitre du travail consacrée à l'analyse descriptive.

Les Figures 4-9, 4-10, 4-13 et 4-14 montrent non seulement la localisation des lieux d'impact d'un accident, mais aussi les rues hébergeant les aménagements cyclables existants. En se concentrant sur les aménagements qui ont été mis en service durant la période d'analyse, on peut constater que des rues parallèles aux voies cyclables sont le théâtre de beaucoup plus d'accidents que sur les rues avec aménagements. Ce constat est valable pour les deux directions considérées, soit nord-sud et est-ouest. On peut citer parmi ces rues, Sherbrooke et Mont-Royal et le boulevard Saint-Joseph en direction est-ouest et dans la direction nord-sud, les rues qui sont parallèles et se situant entre Christophe-Colomb et Saint-Urbain.

Le Tableau 4-5 est le produit d'une requête spatiale de MapInfo. En premier lieu, ce tableau révèle, comme on pouvait s'y attendre, que les collisions ne sont pas distribuées uniformément à l'intérieur des limites administratives de la ville de Montréal. En se référant à l'arrondissement comme base de comparaison, les risques encourus par un cycliste d'être impliqué dans une collision apparaissent à première vue beaucoup plus élevés dans certains arrondissements que d'autres, sans tenir compte de la superficie de l'arrondissement.

Deuxièmement, ce tableau montre une distribution assez stable des accidents durant les cinq années avec une légère tendance à la baisse. Ce schéma évolue de manière identique à l'intérieur d'un même arrondissement ou en les considérant globalement.

L'évolution des fréquences confirme une tendance généralisée d'une hausse en 2004, et plus rarement pour certains arrondissements en 2005; suivie d'une décroissance les années suivantes. Le fait le plus notable est la généralisation de la baisse du nombre d'accidents dans les deux dernières années, hormis quelques arrondissements.

Il est intéressant de noter, en considérant les arrondissements, que durant les années d'informations disponibles il y a un décalage des mouvements de hausse et de baisse des accidents d'un d'arrondissement à l'autre. Il serait intéressant de mener une étude approfondie sur les causes probables et les explications plausibles d'une telle observation. L'année 2005 est l'année des premiers aménagements cyclables sur la chaussée sans une séparation physique à Montréal; un mouvement de hausse suivi d'une baisse est un phénomène très probable suite à leur mise en service.

Cet effet peut se manifester spatialement et temporellement suivant un rythme imposé par l'entrée en service des nouvelles infrastructures cyclables (Smith Jr. et Walsh, 1988). Il faut de plus souligner que ce phénomène pourrait bien être observé avec tous les types d'aménagements cyclables. En effet, selon la localisation géographique et leur pouvoir d'attraction, des usagers peuvent être drainés des secteurs non limitrophes, voire très éloignés; augmentant par le fait même l'exposition au risque et le nombre d'accidents.

Tableau 4-5 Évolution de la distribution des accidents par année et arrondissement

Arrondissements	Années				
	2003	2004	2005	2006	2007
L'Île-Bizard/Sainte-Geneviève	4	3	4	1	5
Lachine	10	19	19	10	13
Anjou	11	12	15	16	10
Outremont	14	12	12	13	16
Pierrefonds/Roxboro	15	12	16	8	11
Saint-Léonard	17	12	17	13	19
Saint-Laurent	21	16	21	9	19
LaSalle	23	23	20	16	15
Verdun	25	22	16	21	27
Rivière-des-Prairies Pointe-aux-Trembles	28	23	18	21	23
Montréal Nord	29	26	17	21	27
Sud-Ouest	34	37	40	33	28
Mercier/Hochelaga-Maisonneuve	37	70	55	52	50
Côte-des-Neiges/Notre-Dame-de-Grâce	43	45	48	41	37
Ahuntsic/Cartierville	51	43	34	44	38
Rosemont/La Petite-Patrie	57	91	69	76	79
Villeray/Saint-Michel/Parc-Extension	69	69	55	47	43
Ville-Marie	108	110	153	122	120
Plateau Mont-Royal	122	123	134	151	142

Soulignons que deux arrondissements, le Plateau Mont-Royal et Ville-Marie, se démarquent des autres par le nombre d'accidents circonscrits dans leurs limites géographiques respectives. Cette observation est compatible à d'autres études sur les accidents impliquant les usagers les plus vulnérables (Loukaitou-Sideris, Liggett et Sung, 2007), qui sont plus probables au centre ville et dans les grandes métropoles. L'ensemble des figures de distribution spatiale montre que globalement la densité des accidents stagne d'une année à l'autre. Et longitudinalement, le voisinage immédiat du centre-ville ne s'est pas fait détrôner durant ces cinq années d'enregistrements en termes de nombre d'accidents.

D'autres arrondissements suivent les deux meneurs et il est possible de les classer en trois groupes :

- ▀ ceux avec en moyenne 50 accidents et plus par année : Villeray/Saint-Michel/Parc-Extension, Rosemont/La Petite-Patrie et Ahuntsic/Cartierville;
- ▀ ceux avec une moyenne de 30 accidents et plus : Côte-des-Neiges/Notre-Dame-de-Grâce, Mercier/Hochelaga-Maisonneuve, Sud-Ouest et Montréal Nord;
- ▀ et les autres avec moins de 30 accidents en moyenne par année.

Le dernier groupe pourrait faire l'objet de subdivisions, mais ce niveau de fréquence des accidents n'est pas si alarmant. Par contre, pour ce même ordre de fréquence d'accidents et avec une sévérité plus critique, par exemple, une zone avec peu d'accidents mais beaucoup de cas très sévères. «Il y aurait lieu de procéder à des analyses plus approfondies. Toutefois, cette situation est loin d'être le cas en se basant sur les chiffres du précédent tableau. En effet, en se référant aux figures de visualisations spatiales, les symboles de gravité sont plutôt de couleur jaune et verte dans ces arrondissements, c'est donc dire que ce sont des accidents mineurs et de moindre gravité.

Une première conclusion s'impose après les analyses descriptives spatiales. Il ne fait aucun doute que les données des cinq années fournies ne montrent aucunement une croissance significative en considérant soit la fréquence ou la sévérité des cas. Les différents tableaux et figures ne permettent pas de parler d'une croissance anormale depuis la mise en service des aménagements de types II et III. Ce constat ne suffit toutefois pas à affirmer un effet neutre des nouvelles infrastructures cyclables; il s'agit plutôt des prémisses à une hypothèse qu'elles n'ont pas contribué significativement à une aggravation de la sécurité routière.

La lecture des graphiques a montré, à l'intérieur des modalités de la sévérité des accidents, l'existence d'un phénomène de vases communicants. Ce phénomène de vases communicants pourrait aussi être présent entre les types d'aménagements? Afin de répondre à cette interrogation, il faut se pencher sur une comparaison des chiffres pour ces deux grands types d'infrastructures. Les analyses descriptives spatiales ont clairement indiqué qu'il y a une forte concentration des accidents dans les arrondissements centraux et limitrophes du centre-ville.

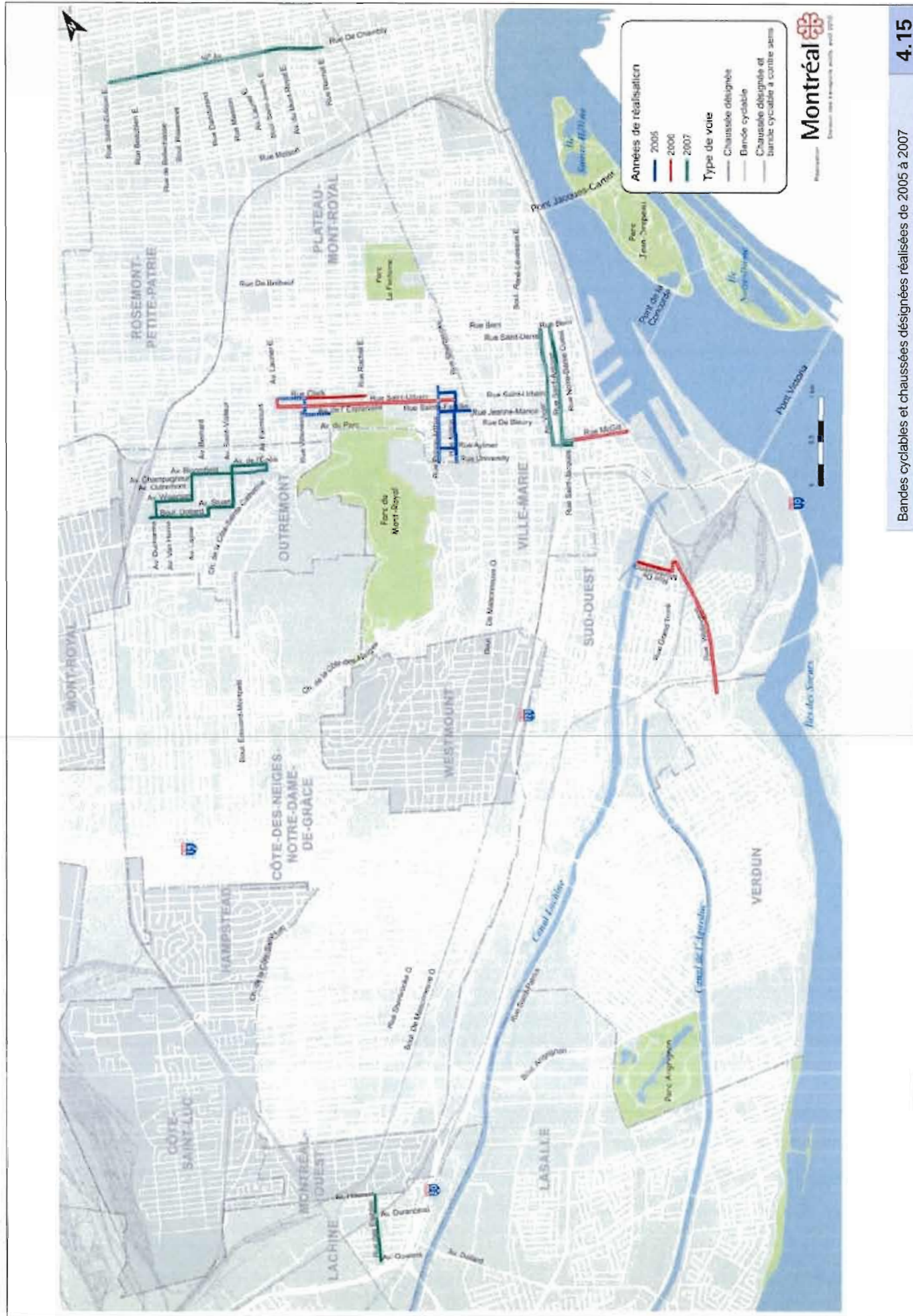
Donc, pour les trois dernières années (2005, 2006 et 2007), les accidents de ces secteurs doivent être comparés statistiquement en séparant les données des différents types d'infrastructures. Nous procédons en prenant les pistes cyclables (type I) comme base de comparaison afin de préciser la différence ou la similarité entre les patrons d'accidents sur les rues hébergeant ces types de facilités cyclables.

4.6 PARALLÈLE DES PORTRAITS D'ACCIDENTS SUR LES TYPES D'AMÉNAGEMENTS CYCLABLES

Pour établir ce parallèle, nous avons identifié une série d'aménagements rassemblant le plus grand nombre de facteurs permettant une comparaison. Les segments d'infrastructures cyclables retenues sont les suivants :

- ▀ la piste cyclable est-ouest de la rue Rachel dans les arrondissements Plateau Mont-Royal et Rosemont-Petite-Patrie;
- ▀ la piste cyclable nord-sud parcourant les rues Christophe-Colomb, Boyer, de Brébeuf, Parc-Lafontaine et enfin Berri;
- ▀ les voies cyclables de types II et III aménagées de 2005 à 2007 dans les arrondissements du territoire identifié par les mêmes arrondissements et limitrophes du centre-ville.

La Figure 4-15 permet d'identifier les différents tronçons et leur année de mise en service.



Bandes cyclables et chaussées désignées réalisées de 2005 à 2007

4.15

Les impacts des aménagements cyclables à même la chaussée sur la sécurité routière à Montréal

juillet 2011

4.6.1 Ressemblance ou dissemblance dans le portrait des accidents

Cette agrégation se fait par année en isolant les accidents qui ont lieu sur les aménagements cyclables de types II et III du secteur limitrophe du centre-ville de Montréal et mis en service durant une même année.

La Figure 4-15 illustre les années de réalisation et les aménagements des types II et III mis en service durant ces trois années. Les données sur les accidents ont été colligées suivant les variables du Tableau 4-6.

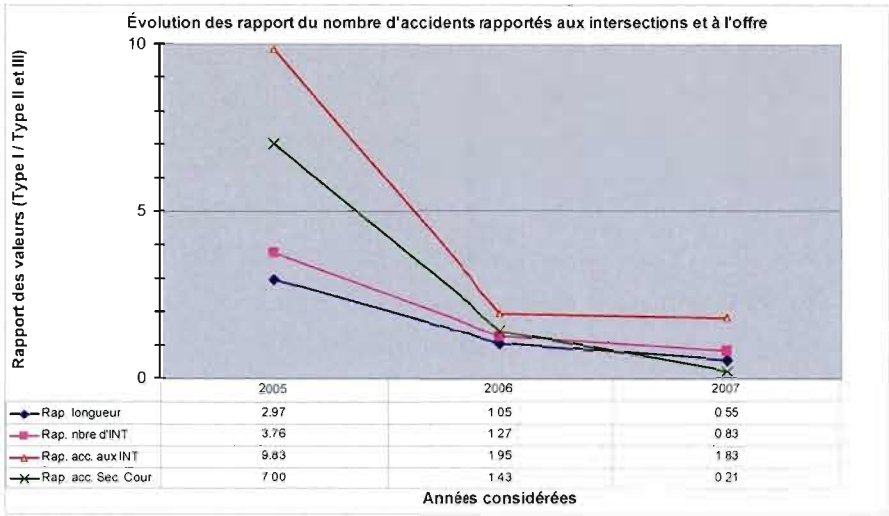
Tableau 4-6 Les variables retenues pour la comparaison entre types d'aménagement

Nom du champ	Description du champ
Numéro_Acc	Un identifiant de l'enregistrement
Année	Année où l'accident a eu lieu
Type_Infra	Le type d'infrastructures cyclables
Long_Inf_Année	Offre cyclable pour ce type (longueur à l'année où l'accident a été enregistré)
Nbre_tot_Acc	Nombre Total d'accidents sur cet élément d'infrastructure
Nbre_Int	Nombre total d'intersections traversées par cet élément d'infrastructure
Nbre_Acc_Int	Nombre total d'accidents survenus aux intersections
Nbre_Acc_Sec	Nombre total d'accidents survenus en section courante
Direct_Infra	Direction principale de l'élément d'infrastructure

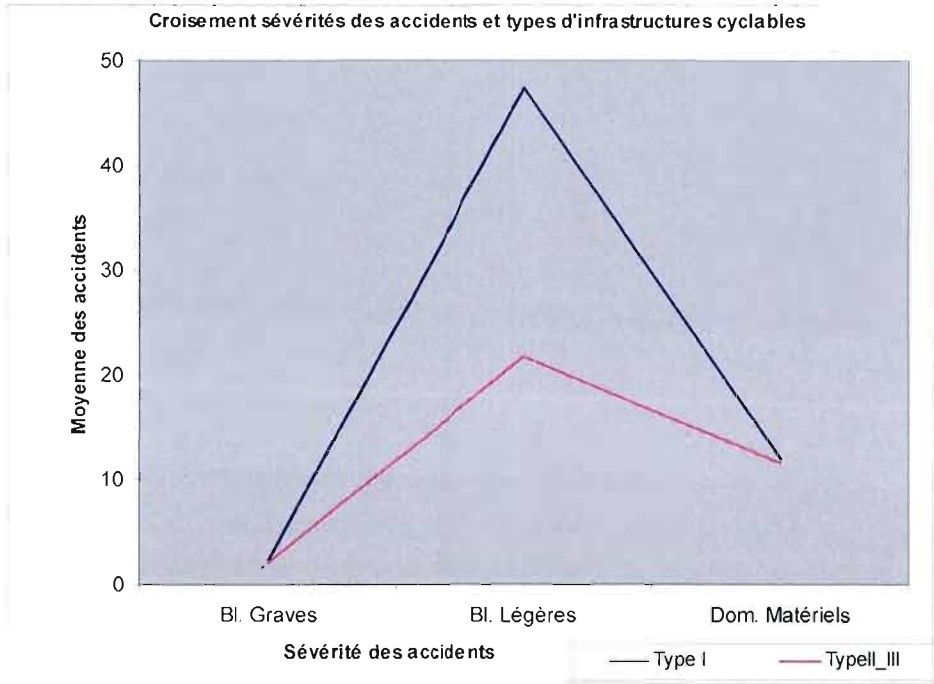
En raison de l'identification des intersections comme variables actives d'une part, et l'absence de barrières physiques entre les véhicules et les cyclistes sur les aménagements de types II et III d'autre part, nous tenterons de comparer les rapports du nombre d'accidents aux variables « Nombre d'intersections traversées » et « Longueur de l'élément d'infrastructure » mises en service en une année à l'intérieur du secteur identifié. Le Graphique 4 illustre l'évolution des « rapports » en fonction de l'année. Les rapports représentent toujours la valeur des variables du type I sur la valeur agrégée des types II et III.

Le Graphique 4-9 illustre un ensemble de rapports du nombre d'accidents à certains paramètres physiques. Les chiffres du graphique sont les nombres d'accidents aux intersections et en section courante rapportés au nombre d'intersections traversées par l'infrastructure cyclable et la longueur en service durant cette année. Ces rapports suivent tous une même tendance, c'est-à-dire que les rapports des nombres d'accidents restent proportionnels aux rapports des deux variables (nombre de carrefours traversés et l'offre cyclable). Aux valeurs des rapports supérieurs ou inférieurs à l'unité correspondent des valeurs du même ordre. Finalement, au fil des trois années, quand les rapports des variables d'aménagements se rapprochent, la différence entre rapports dépendants s'amenuise de plus en plus.

Graphique 4-9 Évolution des rapports des variables durant les trois années



Graphique 4-10 Résultat de la comparaison entre les facteurs



Ces observations permettent dans un premier temps de souligner que le portrait des accidents aux carrefours et en section courante, s'agit-il de la fréquence, n'est pas très différent pour les deux catégories d'infrastructures à l'intérieur du secteur ciblé et qui concentre le plus grand nombre d'accidents. Même si les pentes des droites ne sont pas identiques, il faut remarquer le fait que les tendances suivent l'évolution des rapports des variables d'aménagements.

Une observation très intéressante est le fait qu'en section courante, le rapport du nombre d'accidents s'inverse à la dernière année, soit au moment où l'offre des types II et III est supérieure. On devrait s'attendre à plus d'accidents en section courante sur les nouveaux aménagements, du fait de l'absence de barrières entre les automobilistes et les cyclistes.

Le nombre d'accidents en tronçon sur les facilités de type I semble indiquer que les cyclistes, en plus de laisser ou de s'insérer aux pistes en site propre en dehors des intersections, roulent parfois en dehors des aménagements prévus. Les données sont muettes sur ce point, et ne permettent pas de savoir si le cycliste roulait en dehors de la piste ou de l'autre côté de la rue. Il arrive souvent de constater qu'en après-midi, sur les pistes cyclables les plus achalandées du centre-ville, certains cyclistes préfèrent avoir un comportement plus proche du cyclisme véhiculaire. Cette façon de faire oblige le cycliste à se comporter comme un véhicule motorisé, quoique non recommandé aux endroits où il y a un aménagement cyclable existant.

Suite à ce constat, il y a lieu de considérer l'existence ou pas d'une différence sur les modalités de la sévérité des accidents entre ces deux types d'infrastructures durant cette période de temps.

Les valeurs colligées des accidents durant les trois années suivant les deux grands types d'infrastructures, et les trois modalités de la gravité, ont été analysées par une analyse de variance (ANOVA) avec deux facteurs. On trouvera en annexe le tableau résumé de l'ANOVA. L'interprétation des résultats commence par l'interaction entre les facteurs. Les valeurs du coefficient F calculé et la valeur critique montrent qu'il existe bien une interaction entre les facteurs à un seuil critique de .05 % à un P-value inférieur au seuil critique. Au niveau des lignes (type d'infrastructures), les résultats de l'analyse révèlent encore une

différence statistiquement significative au seuil critique de .05 % à un P-value inférieur au seuil critique. Il en est de même au niveau des colonnes (entre les modalités de la gravité).

Le Graphique 4-10 aide à la compréhension des résultats. Les deux types d'infrastructures ont un même comportement et la différence est surtout au niveau des fréquences. Ce test sur la différence des accidents sur les deux types d'infrastructures est statistiquement significatif à plus de 99%. Aux deux extrémités (modalités Graves et Dommages matériels), la différence est sur les moyennes de ces deux différentes catégories. Par contre, en moyenne, il y a peu de distinctions lorsque l'on considère la même modalité entre les deux types d'infrastructures. Concernant les blessures légères, il y a une même tendance entre les deux types d'aménagements, mais avec une intensité beaucoup plus élevée pour le type I. Ce constat peut refléter le fait que durant les trois années de données disponibles, l'offre d'infrastructures cyclables était majoritairement plus importante en type I.

Ainsi, la moyenne des fréquences sur les trois années des aménagements du type I est supérieure à celles des autres types d'aménagements.

Mise à part cette différence au niveau des blessés légers, il n'y a pas de différence affirmée entre les portraits d'accidents sur les deux types d'infrastructures cyclables. Avec le patron des accidents survenus sur les pistes cyclables (type I) comme base de comparaison, les résultats des différentes analyses ne permettent pas de parler d'une différence significative avec celui des bandes cyclables et des chaussées désignées (types II et III). Nous pouvons avancer que l'échantillon et la qualité des données disponibles ne permettent pas d'affirmer que ces nouvelles infrastructures induisent de nouvelles perturbations susceptibles de plus exposer les cyclistes à des collisions avec les véhicules à moteur. Elles n'obligent pas non plus de nouveaux comportements, donc des difficultés majeures pour les cyclistes à Montréal pour s'y habituer. En se basant sur le fait que les patrons des accidents ne sont pas trop différents pour les deux types d'aménagements, les nouveaux aménagements ne contribuent pas à une augmentation du nombre d'accidents.

Ces nouveaux aménagements, s'ils ne constituent pas un environnement plus dangereux que les infrastructures de type I, suivent un patron d'accidents presque identique. Or, ce patron est très marqué par la prépondérance des accidents dans le voisinage immédiat des intersections. Ainsi, Il serait intéressant d'explorer plus en profondeur la contribution des

variables identifiées à expliquer la distribution spatiale observée des accidents et ultimement lesquelles continuent d'être pertinentes pour expliquer le patron des accidents observé en se basant uniquement sur les données des infrastructures de type II et III.

4.6.2 Analyse en composantes principales et réduction des variables

En rassemblant les occurrences d'accidents survenus sur les aménagements des types II et III, il est possible, en fonction des données fournies, recoupées et complétées, de réunir un ensemble de variables susceptibles d'influer l'occurrence d'un accident sur ces types de facilité. Afin d'évaluer la capacité de ces différentes variables d'expliquer l'occurrence d'un accident, nous avons recours à une analyse en composante principale. Les variables sont exprimées en unités différentes, et, vu le nombre de points de données, il serait difficile de les centrer et de les réduire. Un processus de réduction aurait permis aux variables de présenter la même variabilité. Dans l'impossibilité d'y parvenir, nous nous contenterons de réaliser une ACP non normée.

Tableau 4-7 Liste des variables influentes identifiées

Nom du champ	Description du champ
Année	Année où l'accident a eu lieu --
Proxi_Inter	Accident survenu dans un carrefour ou pas
Inter_Gest.	Type de gestion du carrefour (feu de circulation ou pas)
DJMA	Niveau de circulation journalier moyen
Sens_Circul	Direction principale du segment d'infrastructure (Nord/Sud ou Ouest/Est) 16
Offre_Long	Offre cyclable pour ce type (longueur à l'année où l'accident a été enregistré)
Usage_Sol	Usage de sol en rive de l'aménagement du segment où l'accident a lieu
Heure	Heure où a lieu l'accident (pointe, hors pointe et soir)
Jour_Sem	Jour de la semaine (ouvrable ou fin de semaine)

¹⁶ La direction Nord dans ce travail se réfère exclusivement aux directives du MTQ et non à celle du Nord géographique.

Le Tableau 4-7 résume les différentes variables réunies, soit neuf et 107 enregistrements extraits du fichier de départ. De ces 107 enregistrements, 27 ont été retranchés du fait que certains champs de ces enregistrements n'ont pas une valeur significative pour certaines des variables retenues. Donc, ces enregistrements ont été retranchés puisqu'une telle analyse se prête mal à une redistribution quelconque de ces derniers.

En règle générale, il est communément admis que le nombre de données doit être supérieur au nombre de variables et le minimum absolu doit être 50 observations. Il est aussi recommandé que le rapport du nombre de données au nombre de variables soit au moins cinq. Dans le cas particulier de cet exercice, le rapport est un peu moins de 9 (Hair et al., 2008).

Cette partie du travail consiste à réaliser un exercice d'analyse factorielle afin d'identifier les combinaisons des variables formant les facteurs explicatifs des cas d'accidents impliquant un cycliste et un véhicule à moteur sur un aménagement de types II et III. Pour ce faire, le logiciel SPSS a été utilisé pour la construction des éléments nécessaires à l'analyse en composantes principales.

Trois ensembles de données ont été utilisés avec le logiciel d'analyse statistique dont la différence entre eux a été uniquement le nombre de variables impliquées. La première simulation faite avec les neuf variables a identifié 4 facteurs expliquant 68 % de la variance totale des 9 variables. Suite à une rotation des axes, la variable « Année » a été retranchée. La simulation du nouveau jeu de données avec 8 variables en utilisant les mêmes procédés a indiqué la nécessité de retrancher deux autres variables « DJMA » et « Usage_Sol » et trois axes ont été identifiés qui expliquent 74 % de la variance totale des 8 variables. Enfin, la simulation du troisième jeu de données a identifié clairement 3 axes principaux qui expliquent 74 % de la variance totale des 8 variables.

En remontant aux analyses antérieures, il y a lieu de trouver la justification de l'élimination des ces trois variables, et elles sont les suivantes :

- la stabilité ou le peu de variabilité du nombre d'accidents d'une année à l'autre est à même de justifier la faiblesse de la variable « Année » dans l'explication de la variance du phénomène observé;

- la localisation des infrastructures cyclables en majorité sur le réseau artériel, a du même coup réduit le pouvoir de la variable « DJMA » dans l'explication du phénomène;
- il en est de même de la variable « Usage_Sol », car les éléments d'infrastructures considérés sont en grande partie localisés dans des quartiers assez identiques quant à l'affectation du sol.

Seuls les détails de la simulation du dernier jeu de données ont été présentés en annexe, mais les deux autres simulations ne l'ont pas été pour ne pas allonger le texte.

Le choix des axes a été fait à partir du graphique « Scree Plot » en annexe et seuls ceux ayant une valeur supérieure à l'unité ont été retenus. Le Tableau 4-8 illustre les facteurs résultant des variables de départ, et il faut préciser que les valeurs sont obtenues suite à une rotation des axes.

Seulement 6 des 9 variables servent à construire les variables synthétiques ou composantes principales nécessaires à l'analyse du tableau de données. Après les multiples itérations, nous sommes arrivés au constat que les trois premiers axes factoriels contiennent l'essentiel de l'information (interprétable). La prochaine étape est l'attribution d'un nom aux principaux facteurs.

Tableau 4-8 Les axes identifiés selon l'analyse en composantes principales

Rotated Component Matrix ^a			
Variables	Facteurs		
	1	2	3
Proxi_Inter		,853	
Inter_Gest		,871	
Sens_Circul	,862		
Offre_Long	,884		
Heure			,750
Jour_Sem			,784

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 4 iterations.

Le premier facteur résume 28,35 % d'informations et peut être défini comme un « facteur nodal ». Il traduit la dimension des jonctions et discontinuités qui sont généralement les points de conflits et aussi leur gestion. Ce facteur confirme les études de la revue de littérature et les résultats de l'analyse descriptive, à savoir la dangerosité des carrefours et des discontinuités des intersections. La proximité est associée au mode de gestion des carrefours comme des variables pouvant expliquer l'occurrence des accidents.

Le second facteur quant à lui, résume 25,27 % d'informations et peut être défini comme « facteur de la circulation ». Il reflète les dimensions d'aménagement et d'environnement routier le long duquel opère le cycliste. Cet axe regroupe le sens de la circulation et l'offre; ce qui ne doit pas étonner. Puisque c'est en fait une confirmation d'un effet de réseau. Plus les cyclistes se déplacent sur des trajets uniformes et balisés, plus ils adopteront des comportements prévisibles et plus facilement décelables par les autres usagers de la route.

Enfin, le troisième facteur résume 20,91 % d'informations et peut être défini comme la « temporalité du déplacement ». Ce facteur ne fait que montrer l'incidence de l'heure du jour et du jour de la semaine sur l'occurrence des accidents. Donc, cet indicateur rejoint ce qui a été précédemment illustré par les données d'accidents, soit que certaines plages horaires sont plus dangereuses pour les cyclistes que d'autres. Le facteur traduit aussi la comparaison entre les jours ouvrables et ceux de fin de la semaine.

Ces différents axes concentrant la plus forte charge d'informations interprétables ne sont pas uniquement bénéfiques pour les fins de classification, mais aussi pour aider à la compréhension des concentrations d'événements. Nous avons souligné précédemment les lacunes en données, par exemple la direction, les mouvements et les types de collisions liés à un accident, sachant que le premier axe factoriel révèle l'importance des points de discontinuité et de leur gestion comme élément d'explication des accidents observés. Donc, une étude des types d'accidents associée à une classification du mode gestion des intersections guiderait valablement le choix des alternatives d'un couloir pour aménager une infrastructure cyclable. D'autres exemples pourraient aussi être tirés des autres axes factoriels; ce qui résume brièvement les possibilités de ce type d'analyse dans le cadre de ce travail.

En conclusion, la prise en compte de ces facteurs pourrait guider des programmes de développement d'aménagements cyclables, surtout dans un contexte où il faut privilégier des solutions économes d'espaces et développer des couloirs ayant de forts potentiels de déplacements actifs. Il faut aussi souligner qu'une plus grande abondance d'informations permettrait d'analyser plus de variables et aussi de prolonger le travail jusqu'à une étape prévisionnelle en fonction des conditions du site d'implantation.

Cette partie analytique clôt le chapitre des résultats de l'analyse. Des analyses descriptives, spatiales et statistiques ont été menées afin de valider ou d'infirmer les différentes hypothèses avancées pour répondre aux différentes questions de recherche. Le prochain chapitre servira à rassembler les différentes conclusions des analyses afin de se prononcer sur les incidences de sécurité routière des nouveaux aménagements cyclables.

CHAPITRE 5

ANALYSE, DISCUSSION ET INTERPRÉTATIONS

5.1 FREQUENCE ET GRAVITE DES ACCIDENTS

La variation du nombre d'accidents d'une année à l'autre est à première vue faible avec une tendance à la baisse, en excluant la poussée de 2004. Ce fait est constaté dans toutes les études sur la sécurité des usagers de la route au Québec et ce pour tous les modes¹⁷. Après une croissance singulière en 2004, la tendance a toujours été à la baisse. Cette croissance de 2004 est particulière, soit une augmentation soutenue par deux hausses simultanées : les accidents avec blessures graves (moins marquée) et ceux avec dommages matériels.

La seconde composante de cette croissance du nombre d'accidents est beaucoup moins critique d'un point de vue de santé publique et sur les coûts socio-économiques des accidents.

La tendance à la baisse est confirmée par les chiffres publiés par la SAAQ pour le bilan routier 2008 et aussi par les chiffres publiés par VéloQuébec (2005). Donc, Montréal à vélo ne fait pas exception, il y a un constat de déclin dans les statistiques d'accidents au Québec.

Une des particularités des accidents ayant fait l'objet d'un procès-verbal de police, est qu'à première vue, il y a une surreprésentation de la tranche d'âge qui va de 20 à 50 ans. De tels constats sont inattendus comparativement à d'autres études menées ailleurs (Depreitere et al., 2004). Ce fait peut suffire à enfler la perception du public. Il y a une prédisposition à accepter que les plus jeunes et les personnes âgées fassent plus partie des victimes des accidents impliquant un cycliste. Il est aisé d'attribuer ces accidents impliquant ces deux

¹⁷ Société de l'assurance automobile du Québec, 2008. Bilan routier 2008. Consulté le 18 décembre 2009 sur la page <http://www.saaq.gouv.qc.ca/prevention/>.

dernières catégories à l'inattention, à l'imprudence, à un manque de concentration et de réflexe pour ces cohortes d'âges quand ils doivent affronter le partage de la voirie publique.

Pour pouvoir se prononcer sur cette probable surreprésentation, deux comparatifs ont été utilisés : le poids de ces tranches d'âges dans la population et leur taux dans la pratique du vélo. Les données sont disponibles dans les publications de Statistique Québec pour la grande région montréalaise et celles de VéloQuébec. Le Graphique 5-1, tiré de Jolicoeur et al (2006), montre un pourcentage de jeunes parmi la population et pratiquant le vélo beaucoup plus fort que le taux des données d'accidents.

Le même constat est aussi valable quant à la sous-représentation des personnes plus âgées. Donc, l'explication pour ces observations pour Montréal est peut-être ailleurs. Car ces données représentant cinq années d'enregistrements d'accidents ne peuvent pas être considérés comme un simple instantané de l'activité cyclable à Montréal. Elles témoignent plutôt une réalité que d'autres informations seraient nécessaires pour en élucider le sens.

Les résultats des analyses des données d'accidents de Montréal montrent aussi que la circulation lourde n'empire pas les conditions d'accueil et le partage avec les cyclistes. Leur taux d'implication dans les accidents avec un cycliste comme étant le véhicule motorisé est nettement en dessous de leur part dans la composition du parc automobile.

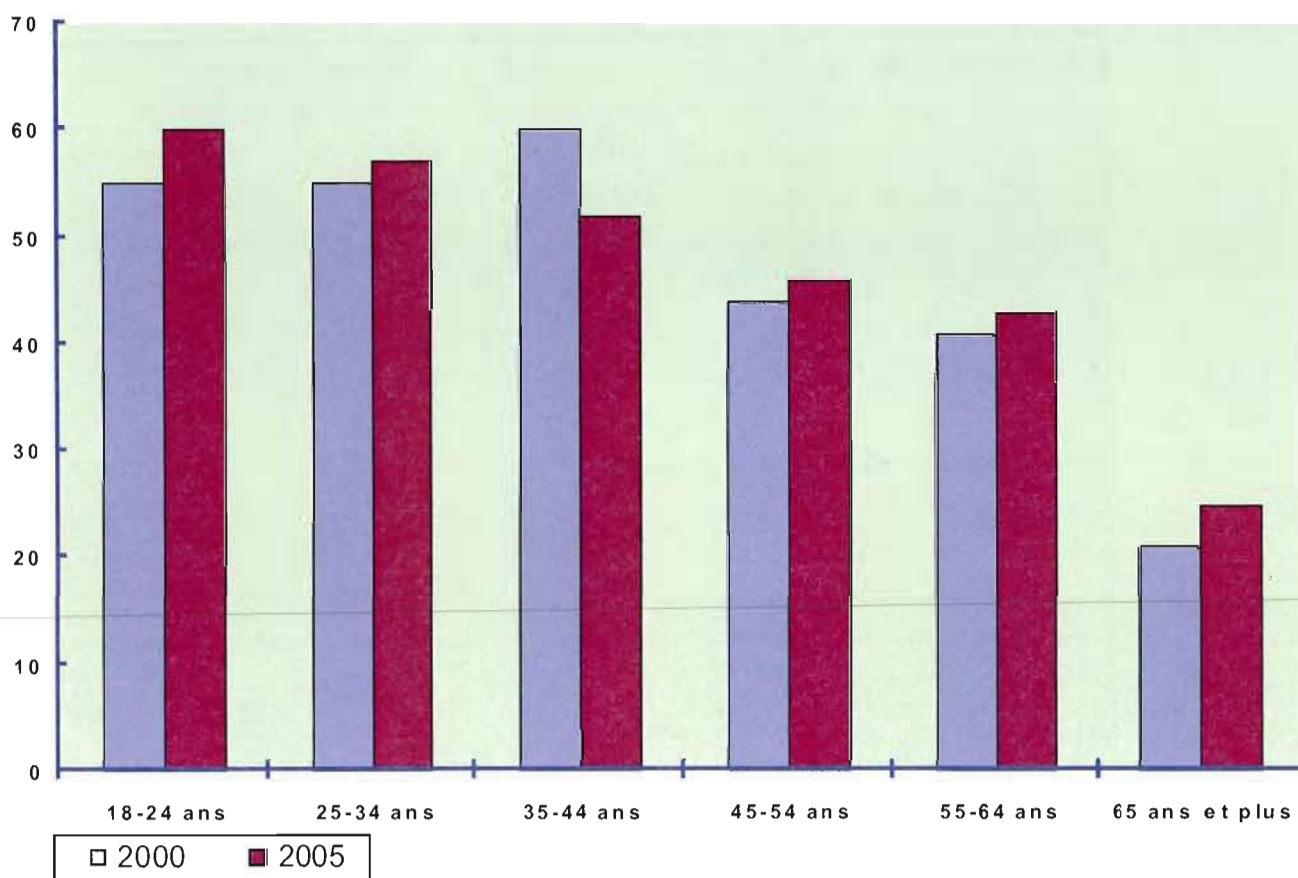
En mettant en parallèle ces constats et les expérimentations des nouvelles infrastructures cyclables, on ne peut affirmer que les données disponibles permettent de croire qu'elles soient plus dangereuses que les précédentes. Il n'y a pas un élément de différenciation majeure dans les chiffres pouvant être interprété comme une rupture avec les conditions ayant prévalu antérieurement.

5.2 DISTRIBUTION TEMPORELLE DES ACCIDENTS

Il faut souligner une distribution assez stable des accidents durant les cinq années de données disponibles. Les différents histogrammes montrent un cycle des accidents qui débute au mois d'avril ou de mai. Il en est de même des accidents causant des traumatismes les plus sévères aux victimes (blessures mortelles et graves). Cette période coïncide avec l'ouverture des pistes cyclables (type I), sans pour autant faire un lien entre les deux

événements, car ce travail n'a pas analysé les données des accidents survenus sur les aménagements du type I (en site propre intégral). De plus, les dommages et les blessures causés par les accidents enregistrés sur ce type d'infrastructures ne sont pas du même ordre.

Il est important aussi d'éviter le risque d'amalgame pouvant associer l'ouverture des pistes cyclables et les accidents impliquant des cyclistes sur les aménagements à même la chaussée. La mise en opération des pistes cyclables pourrait effectivement avoir des incidences indirectes sur les accidents observés sur les voies de types II et III ou même ailleurs sur le réseau viaire sans que ces éléments d'infrastructures en soient la cause. En effet, les infrastructures, dites en site propre intégral, qui séparent les vélos des automobiles sont localisées sur des emprises isolées et souvent éloignées des bassins d'utilisateurs et d'emplois. Pour y accéder, cela exigerait du cycliste une partie de leurs parcours en zones qui ne sont pas protégées ou aménagées en conséquence. Le même scénario se répète quand il doit atteindre leur destination finale en laissant un aménagement ségrégué. Ces moments peuvent être les plus risqués pour le cycliste, surtout à la fin du parcours, s'il ne s'adapte pas rapidement au changement de conditions de la circulation. Une autre raison probable serait qu'après la pause hivernale forcée de l'activité cyclable, la mémoire collective des usagers de la route semble avoir du mal à conserver les réflexes acquis durant l'année antérieure.



Les accidents sont plus fréquents durant les jours d'affaires et durant les heures les plus achalandées (périodes de pointe). Toute plage horaire confondue, les deux périodes de pointes d'une journée de semaine sont particulièrement les plus accidentées, et la pointe de l'après-midi se distingue fortement de celle du matin. Elle se démarque d'autant plus que le taux d'accidents graves y est plus élevé. On aurait pu s'attendre à ce que la congestion et le ralentissement de la circulation en périodes de la journée aient un effet inverse, soit moins dangereuses. Un raisonnement qui s'appuie sur le fait que la congestion accompagnant les périodes de pointe ralentit le trafic (une vitesse moyenne instantanée plus faible). De telles conditions, faible vitesse moyenne instantanée et longues files d'attente, devraient donner lieu à des conditions moins risquées. Les chiffres semblent indiquer, en dehors d'autres analyses de facteurs, que ce n'est pas le cas à Montréal.

L'analyse descriptive a été complétée par un test statistique de tableau de contingence sur des données nominales. Le résultat confirme une différence relativement significative entre la fréquence des accidents aux différentes années et les types de blessés. Ce test montre amplement une tendance à la baisse du nombre d'accidents. Cette tendance faible en valeur absolue a été adossée à un effet de vases communicants (une diminution d'une modalité est remplacée par une augmentation d'une autre) entre les modalités de la variable gravité. Les catégories d'accidents les plus susceptibles d'affecter des politiques publiques en faveur de la mobilité active sont en nette régression.

De tels constats peuvent être dus à plusieurs causes, et on ne peut pas tirer une conclusion définitive sur une série de données aussi courte, d'où la difficulté de l'associer à une cause particulière à l'instar des infrastructures cyclables. Mais, une conclusion s'impose à ce stade, compte tenu des données disponibles, les nouvelles infrastructures sont difficilement associables à un niveau d'insécurité routière plus élevé. En effet, les résultats des analyses n'ont pas jusqu'à présent permis de conclure que les récents aménagements cyclables mettent les cyclistes, ou les autres usagers de la route, plus à risque. Il est clair que les accidents ont une plus grande probabilité d'être plus fatals aux cyclistes, mais les automobilistes entraînés dans de tels incidents à répétition, et ce, plus qu'avant n'en sortiraient pas indemnes. C'est à cet effet, qu'il a été d'une grande importance de disposer des données avant et après 2005.

Le fait de ne pouvoir imputer aux nouvelles infrastructures cyclables une augmentation en nombre absolu des accidents ne justifie nullement qu'elles ont été à l'origine de la chute constatée dans les statistiques sur les accidents de la route impliquant les cyclistes. Un tel raisonnement serait biaisé au départ, car le pic observé en 2004 ne l'était pas uniquement pour ce seul type d'accidents, mais pour l'ensemble des usagers de la route. Par contre, les chiffres de 2006 et de 2007 signifient qu'ils n'ont pas introduit au niveau du réseau routier une plus grande insécurité routière, comme on devrait si attendre après leur mise en service (Smith Jr. et Walsh, 1988).

5.3 DISTRIBUTION SPATIALE

Les données démontrent de manière non équivoque que les accidents sont plus probables aux intersections ou dans leurs environs immédiats (Persaud *et al.*, 1997). L'hébergement des bandes cyclables et des chaussées désignées sur les artères ne contribuent donc nullement à élever le niveau d'insécurité en section courante des rues. Par contre, les points de conflits aux intersections continuent d'être des zones noires (black spots) et exigeraient une étude spécifique pour des traitements appropriés.

Ce constat d'une concentration spatiale aux intersections est très intéressant. Il y a un effet de lieu qui amène un supplément de visibilité aux accidents impliquant les cyclistes sur les aménagements partageant la chaussée. Cette plus grande visibilité est due, en partie, à la croisée des chemins. Ils sont plus visibles que s'ils aient eu lieu sur des rues locales ou à l'intérieur des quartiers résidentiels. Cette particularité pourrait avoir un effet de visibilité multiplicateur du nombre réel. Ce facteur de lieu, ajouté à des caractéristiques multiplicatrices de visibilité, pourrait concourir à une surestimation d'un phénomène qui, dans la réalité, est statique d'une année à l'autre. Les données disponibles ne permettent pas aussi d'affirmer que l'apparition des nouveaux aménagements cyclables ont contribué à une augmentation des accidents en section courante.

L'analyse spatiale des collisions a révélé que les accidents sont plus nombreux dans les arrondissements du centre-ville ou ceux limitrophes au centre-ville comme prévu dans la revue de la littérature. L'avenue du Parc semble partager l'île de Montréal en deux, selon des caractéristiques d'accidents différentes. À l'est de cette avenue, il existe une grande concentration d'accidents et à l'ouest, des poches aux densités plus diffuses. Aux extrémités

de l'île, nous pouvons observer de minces sillages longeant les berges; ces derniers concordent avec les pistes cyclables et les sentiers polyvalents ceinturant l'île de Montréal.

Ces infrastructures cyclables le long des berges, quoique aménagées pour isoler les cyclistes des automobilistes, ne peuvent-elles pas expliquer les occurrences tenaces d'accidents au fil des années? Ces nuages de points d'impact observés aux pointes de l'île, non loin des berges des rivières, pourraient être causés effectivement par la présence de ces types d'aménagements cyclables. Parmi les raisons probables qui ont été invoquées, citons la discontinuité du réseau. En effet, les cyclistes seraient plus vulnérables en provenance ou à destination des ces infrastructures cyclables offrant une interaction nulle avec les véhicules motorisés.

La visualisation spatiale a aussi montré une distribution moins ordonnée avant 2005 qu'après, où il est possible d'observer un plus grand alignement des points d'impact sur les artères en direction est-ouest des arrondissements centraux. Le même schéma est observable sur les pénétrantes nord-sud, mais selon une intensité plus faible. Cette régularité et ce patron sont à quelque chose près identiques à la direction où les aménagements cyclables sont en majorité localisés. Cette direction est-ouest plus privilégiée des cyclistes traduit-elle une plus grande utilisation du vélo dans les arrondissements de l'est ou des parcours imposés par la topographie et la trame urbaine?

Les illustrations spatiales des lieux d'impacts des deux dernières années analysées avec en fond les infrastructures cyclables (voir les figures 4-17, 4-18, 4-21 et 4-22) n'ont pas permis visuellement de conclure que les artères hébergeant les nouveaux aménagements cyclables donnent lieu à plus de collisions que celles dans leur voisinage.

Le Tableau 5-1 qui est tiré des enquêtes Origine-Destination de 2003 pour les arrondissements de Montréal sur la part de la mobilité active pourrait servir une explication probable. Chaque rangée du tableau représente les capacités d'attraction et de génération de flux de mobilité douce. En triant ce tableau selon la variable déplacements produits, le classement résultant n'est pas trop différent de celui observé au Tableau 4-5.

Les dernières lignes du tableau montrent que les arrondissements Rosemont-La Petite-Patrie, Ville-Marie et Plateau Mont-Royal, qui ont des parts respectives de déplacements

produits de 15,8, 28,9 et 31, sont des pôles d'attraction importants des usagers du transport actif. Ainsi, les accidents semblent être plus fréquents dans les arrondissements produisant plus de déplacements non motorisés et la densité semble être liée à un effet de concentration de l'activité cyclable.

Encore une fois, cette analyse spatiale n'est pas en contradiction avec les autres éléments d'analyse de cette étude. Les conclusions d'une étude sur les accidents de piétons pourraient se rapprochées de celles de cette partie du travail, considérant la similarité entre ces deux modes.

Tableau 5-1 Déplacements par modes non motorisés (Enquête O-D 2003)

Arrondissements	Déplacements par modes non motorisés (24h)	
	Produits	Attirés
L'Île-Bizard/Sainte-Geneviève	1,4	2,1
Lachine	12	12,7
Anjou	10,3	7,5
Outremont	19,4	20,4
Pierrefonds/Roxboro	5,1	8,3
Saint-Léonard	10,9	11,4
Saint-Laurent	7,6	5,2
LaSalle	8,3	8,7
Verdun	18	25,4
Rivière-des-Prairies/Pointe-aux-Trembles	8,7	12,3
Montréal Nord	15,9	18,9
Sud-Ouest	19,5	22
Mercier/Hochelaga-Maisonneuve	16,9	17
Côte-des-Neiges / Notre-Dame-de-Grâce	16	13,1
Ahuntsic/Cartierville	11,5	11,2
Rosemont/La Petite-Patrie	15,8	18,5
Villeray/Saint-Michel/Parc-Extension	20	20,4
Ville-Marie (Centre-ville et périphérique)	28,9	11,3
Plateau Mont-Royal	31	27,8

Il est aussi clair que les accidents impliquant des cyclistes bénéficient de par leur localisation d'une surexposition, ces endroits sont : les arrondissements aux environs du centre-ville, zones très achalandées, des usages de sol très urbains motivant la grande fréquentation de déplacements non motorisés. Les usagers du transport actif, qui sont les plus concernés par

de tels accidents, peuvent, par leurs inquiétudes, créer une composante virtuelle à la dangerosité réelle. Un tel gonflement de la bulle d'insécurité pourrait, au besoin, être instrumentalisé dans les rapports avec les autorités concernées afin de les sensibiliser vers des mesures favorables aux deux-roues non motorisés.

Toujours dans cette même lignée il y a lieu de souligner que la visibilité des accidents pourrait aussi être renforcée par les nouveaux médias et les nouveaux réseaux sociaux électroniques (facebook, twitter, etc.). Tout ceci est d'autant plus facile de nos jours de par l'abondance de nouvelles facilités digitales pour capturer un fait quotidien et le rendre de manière ubiquitaire disponible à une audience planétaire.

5.4 ANALYSE COMPAREE ET STATISTIQUE SUR L'EFFET DES AMENAGEMENTS SUR LA CHAUSSEE

Les paragraphes précédents ont établi que les données analysées sur les cinq années n'ont pas montré une augmentation de l'insécurité routière; surtout si l'on considère les trois dernières années, qui ont été plus marquées par la mise en service des nouveaux aménagements qui ne sont pas site propre. Les résultats montrent plutôt une situation stable, voire même une légère tendance de décroissance du nombre absolu des accidents. De plus, cette situation est confortée par la réduction dans la sévérité des dommages subis par les cyclistes.

Cette constatation réaffirme l'idée de comparer les types d'aménagement, en fonction de la fréquence et de la sévérité des dommages subis par les victimes. Les aménagements qui ne sont pas en site propre ont été comparés aux pistes cyclables implantées depuis longtemps dans le paysage routier montréalais. Le résultat, qui se base sur des caractéristiques liées à l'exposition au risque constituée par l'aménagement en soi, n'a pas montré, depuis 2005, l'apparition d'un nouveau portrait des accidents de cyclistes à Montréal.

Les graphiques, les tableaux et le test ANOVA sur les accidents survenus sur des rues hébergeant des aménagements cyclables des secteurs centraux n'ont pas fourni suffisamment d'évidences pour dire que les deux grands types d'infrastructures sont différents en ce qui concerne la fréquence et la distribution des accidents.

Suite aux résultats des analyses précédentes, qui ne fournissent pas assez d'évidences sur une différence significative entre les patrons d'accidents sur les rues hébergeant les deux grands types d'infrastructures cyclables, nous avons procédé à une analyse exploratoire. Cette analyse en composantes principales a permis une réduction des variables rassemblées à partir des données disponibles. Cette analyse aussi a identifié les facteurs les plus susceptibles d'expliquer l'occurrence d'un accident impliquant les cyclistes. Les trois facteurs formés des neuf variables ont montré que la gestion des points de jonction, la circulation le long des infrastructures cyclables et l'heure de la journée où a lieu le déplacement sont les axes devant être considérés durant la phase de choix des corridors et de conception des aménagements d'infrastructures cyclables.

5.5 RETOUR SUR L'HYPOTHESE DE LA RECHERCHE

Ce travail contribue à la problématique des accidents impliquant les cyclistes sur les infrastructures partageant la chaussée et qui ne sont pas en site propre. A cet effet, les données utilisées sont celles sur les accidents à Montréal, des années allant de 2003 à 2007. Avec les nouvelles priorités exprimées dans le plan transport de la Ville Montréal, soit de faire du vélo un mode de transport à part entière, cette contribution pourrait être utile à un double point de vue :

- 1) Faire la lumière sur le danger ou l'exposition au risque que court un cycliste sur les infrastructures cyclables partageant la chaussée sans une barrière physique ;
- 2) Faciliter une promotion éclairée de l'offre cyclable. En effet, pour plus de mobilité et d'accessibilité cyclables aux grands générateurs de flux du centre-ville, l'une des solutions consiste à aménager plus de voies cyclables. Comme précisé antérieurement, en raison de la structure urbaine de Montréal, les solutions d'aménagement de types II (bandes cyclables) et III (chaussées désignées) sont les plus appropriées.

Les différentes parties de l'analyse n'ont pas démontré que l'amélioration de la sécurité routière constatée a un lien direct avec les nouveaux aménagements cyclables partageant la chaussée. Par contre, leur présence n'a pas contribué à une augmentation substantielle des accidents impliquant les cyclistes ou une plus grande insécurité routière.

De ce fait, les résultats des différentes analyses, centrées plus particulièrement sur les trois dernières des cinq années d'enregistrements pendant lesquelles ces types d'aménagements ont été introduits à Montréal, sont sans équivoques. Ils montrent que la fréquence et la sévérité des cas d'accidents enregistrés ne sont nullement plus alarmantes comparativement aux deux premières années. Il faut rappeler que, dans le cadre de ce travail, un niveau de risque élevé a été associé à une fréquence plus élevée et des taux d'accidents très graves en progression.

Ces conclusions, si elles ne sont pas suffisantes pour justifier les choix d'aménagements cyclables et un déploiement plus massif, permettent néanmoins de croire qu'ils n'exposent pas les cyclistes à un danger plus grand qu'au moment où ils ne circulaient que sur le type d'aménagement (en site propre) expérimenté antérieurement à Montréal. Ce travail n'analysait pas les conditions de fonctionnalité des nouveaux aménagements cyclables et donc ne pourrait nullement conclure par des généralisations sur leurs modes d'opérations.

Jusqu'ici, les analyses, en fonction de la série des données disponibles, n'appuient pas une plus grande dangerosité des nouveaux aménagements cyclables. Des pans d'analyses ont plutôt appuyé l'idée contraire, bien qu'il faille rappeler qu'on ne peut exclure la possibilité d'une surexposition des cas et une plus grande visibilité des incidents.

Donc, si les cyclistes ne sont pas plus à risque depuis 2005, et que les accidents en nombre absolu et en gravité ont tendance à diminuer, il y a lieu de penser que toute incrimination pourrait être due à une mauvaise perception d'insécurité routière due à la présence des nouveaux aménagements. Ceci nous ramène à l'objet de ce travail de recherche, à savoir, est ce que les infrastructures cyclables aménagées sans une séparation en dur sur la chaussée constituent-elles un environnement de transport plus dangereux que les aménagements qui les ont précédé à Montréal ? Les réponses aux différentes questions spécifiques aideront à se prononcer sur la question principale et finalement sur la validation ou pas de l'hypothèse de recherche.

Les chiffres analysés sont plutôt en faveur d'une stabilité relative des accidents impliquant un cycliste et un automobiliste voire même une tendance baissière, mise à part la légère hausse de 2004. Une observation des faits qui est basée sur la quasi-totalité des données d'accidents concernant le territoire à l'étude (ceux susceptibles d'être pris en compte par un

rapport de police) y compris ceux ayant lieu après la mise en service des nouveaux aménagements. Ce qui par ricochet valide la première hypothèse, à savoir qu'on pas assez d'évidences pour affirmer une croissance des accidents sur les rues hébergeant les nouveaux aménagements cyclables. Ce constat constitue une réponse négative à la question sur une hausse des cas d'accidents enregistrés.

Un phénomène à ne pas sous-estimer serait un mouvement en ciseaux où une diminution ou une stabilité de la fréquence et de la sévérité des cas sur les facilités de type I serait compensée par une augmentation de la fréquence et de la sévérité des cas sur les types II et III durant la même période. Par contre, les analyses de comparaison ainsi que l'ANOVA à deux facteurs ne fournissent pas assez d'évidences pour supporter cette affirmation.

En mettant en perspective les résultats des analyses statistique et comparative entre les types d'infrastructures, les deux dernières hypothèses s'en trouvent validées. C'est-à-dire sur le même périmètre il n'y a pas une poussée subite ni de changements dans le patron des accidents entre les deux grands types d'aménagements cyclables. Ainsi, la réponse aux deux dernières questions spécifiques est négative.

Ce qui nous amène à conclure que les données ne permettent pas une réponse positive à la question principale, à savoir que les nouveaux aménagements cyclables constituent un environnement de transport plus dangereux en se basant sur la fréquence et la gravité des accidents impliquant un cycliste.

La popularité du vélo à Montréal pourrait être aussi tenir lieu d'explication d'une absence de montée subite des accidents sur les nouvelles infrastructures cyclables. En se référant à la revue de la littérature, une hausse suivie d'une baisse aurait été un cas typique et n'aurait pas non plus permis une réponse positive à la question principale. On aurait été dans un cas conjoncturel et sans effets sur le long terme.

Premièrement, les conducteurs sont déjà habitués avec une présence sur les rues bien avant le début de cette expérimentation. Deuxièmement, les cyclistes avaient déjà anticipé des comportements appropriés pour circuler sur la chaussée avant tout aménagement de type II et III. Donc, ces solutions de par le marquage apportent plus de lisibilité pour faciliter le partage de la chaussée sans une interface en dur entre les modes.

On ne peut aussi passer sous silence les conclusions de l'ACP, qui a tiré parmi les différentes variables disponibles les trois axes principaux suivants : la discontinuité des voies, la circulation ambiante et la temporalité des déplacements. Ces facteurs combinés montrent que certaines augmentations si conjuguées, rendent plus probables des accidents impliquant un cycliste et un automobiliste sur les rues hébergeant les facilités cyclables, sans pour autant pouvoir invoquer une hausse d'insécurité routière. Par exemple : un accroissement de l'offre de nouvelles infrastructures visant plus d'accessibilité aux grands générateurs du centre-ville devrait accroître le nombre de discontinuités ou de points de jonctions. Ce supplément d'aménagements devrait drainer un plus grand nombre de cyclistes sur les rues les hébergeant. Ce qui entraînerait une plus grande mixité de la circulation (vélos et automobilistes) aux heures de pointe et aux jours ouvrables. Mais, la bonne nouvelle reste quand même qu'une plus grande lisibilité devrait réduire la gravité des accidents sur ces nouveaux aménagements, en analysant les séries annuelles de données croisées à la gravité des cas (Test Khi Carré).

CHAPITRE 6

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

6.1 CONTRIBUTIONS DE L'ETUDE A LA RECHERCHE

Comme mentionné plus tôt, ce travail vise avant tout la construction de la première étape précédant une analyse normative. Les analyses descriptives, de distributions spatiales et statistiques avaient pour objectif premier de voir si les données supporteraient l'idée que les nouveaux aménagements semblent contribuer à une augmentation des accidents impliquant cyclistes et véhicules à moteur plus que ceux qui sont en site propre. Des supputations qui pourraient être alimentées par la peur et les inconditionnels de l'automobile.

La peur vient du fait que plusieurs, dont certains professionnels de la santé publique, s'inquiètent que ces aménagements coûtent la vie à certains cyclistes. Ceux-ci estiment aussi que les coûts socio-économiques sont sans commune mesure avec les retombées de forme physique et de gains environnementaux. Il y a aussi les convaincus « du-tout-automobile » croyant fermement que l'implantation des facilités cyclables sur la voirie publique par des usagers autres que les automobilistes ne sont que nuisances. Or, le portrait qui en est résulté des analyses, à partir des données d'accidents disponibles, seraient plutôt d'avis que le niveau d'insécurité routière n'a pas augmenté s'agit-il des cyclistes à Montréal. Malgré la présence des infrastructures cyclables sur rue, on n'a pas assez d'évidences pour affirmer qu'elles ont empiré les conditions de circulation ayant prévalu antérieurement.

Ce serait de la naïveté de croire que la présence de ces nouveaux aménagements aurait éradiqué les accidents des cyclistes, car toutes les études sont d'avis que les accidents sont la résultante de l'exposition aux risques. Une des composantes de l'exposition aux risques est le nombre de cyclistes et d'autos le long d'un trajet cycliste, et toute augmentation de cyclistes entraînerait donc une augmentation du nombre d'accidents.

Le portrait retracé dans ce travail indique une réduction de la fréquence et aussi de la sévérité des accidents durant les deux dernières années des données enregistrées. Si les aménagements cyclables ne peuvent être comptés comme cause de ce fait, il faut tout de même noter qu'ils n'ont pas inversé la tendance à la baisse observée depuis leur mise en service.

Un autre constat tout aussi important se trouve dans l'analyse spatiale, montrant que 81 % des accidents sont localisés aux environs immédiats des intersections (entre 0 et 10 mètres), et sont confinés majoritairement à l'intérieur de quelques arrondissements. Ce fait demeure constant durant les cinq années et la visualisation spatiale des lieux d'impacts montre que les rues n'hébergeant pas des nouvelles infrastructures cyclables n'en sont pas exemptes. D'où la nécessité d'y accorder de nouvelles recherches sur la problématique du traitement des points de conflits aux discontinuités quand il y a flux cycliste autorisé.

6.2 PISTE DE RECHERCHE ULTERIEURE ET THEMES A ABORDER

La fin du paragraphe précédent est une bonne indication de pistes de recherche intéressantes pour faire suite à ce travail. En effet, la série des données disponibles ne montrent pas de perturbations majeures depuis l'aménagement des nouvelles infrastructures cyclables, mais le nombre d'accidents aux intersections reste tout de même assez alarmant. Une telle concentration d'accidents pourrait être symptomatique d'une brèche sécuritaire? Si c'est le cas, quels sont les facteurs explicatifs?

Donc, de nouvelles études seraient nécessaires pour identifier les causes de ce fait et, ainsi, apporter des correctifs. La recherche pourrait être centrée plus sur les données de site, le mode de gestion, la visibilité aux intersections, les mouvements durant les accidents, les variables comportementales, etc.

Il ne faut pas croire que les solutions liées à la conception des aménagements sont omnipotents. Car, les aménagements cyclables, la signalisation et le marquage routier sont susceptibles de remédier aux défaillances structurales. Par contre, elles sont moins adaptées à forcer un changement comportemental. D'autres mesures, telles le renforcement et l'application du code de la route et les mesures coercitives obligeant les usagers à adopter des habitudes sécuritaires, sont plus appropriées afin de modifier les comportements.

Les données montrent aussi que le phénomène n'est pas étranger aux rues hébergeant les nouvelles infrastructures cyclables. Il devient très intéressant de procéder à des études au niveau des intersections et des discontinuités joignant les tronçons afin de contribuer à une plus grande amélioration de la sécurité routière. Ainsi, les aménagements existants

permettraient une bonne comparaison entre le niveau de sécurité selon le mode de gestion des intersections.

Une autre piste de recherches, tout aussi intéressante, est le niveau d'achalandage induit par les nouvelles infrastructures cyclables à même la chaussée. En se fiant aux chiffres des enquêtes O-D, il y a regain d'intérêt pour ce mode de déplacements au Québec et plus particulièrement à Montréal. Une augmentation du nombre de cyclistes sur les routes signifie aussi une plus grande exposition aux risques. Ce fait pourrait-il être conjugué simultanément au déclin du nombre d'accidents tout aussi bien de leurs gravités?

Autant de pistes de recherches qu'il serait possible de conduire si les données pour les mener devenaient disponibles. La section qui suit se consacre à identifier les informations nécessaires à de telles fins.

6.3 DONNEES NECESSAIRES AUX FUTURES RECHERCHES

Les données fournies ont permis de dresser un portrait de la situation de la sécurité routière actuelle du vélo à Montréal à partir des données d'accidents de la police. Pour mener à bien ces recherches, une série de données plus longues ou même plus poussées serait nécessaire afin de confirmer les tendances. Un accès plus large à la base de données est aussi une condition requise, ainsi qu'aux formulaires des constats de police. Ces informations additionnelles permettront de déterminer les causes associées aux accidents et une plus grande compréhension des effets de l'aménagement urbain et du comportement des usagers. Les données sur les conditions de circulation ayant prévalu au moment de l'accident, les ambiances, l'environnement routier et les usages de sol riverains sont autant d'informations qui ont été identifiées dans la revue de littérature comme pouvant influencer l'exposition au risque. La disposition de données capables d'opérationnaliser ces variables ouvrirait de nouvelles avenues à la compréhension de cette dimension de la problématique de la sécurité des infrastructures aménagées sur la chaussée.

Une première étape serait de classifier les intersections, afin d'identifier les plus dangereuses en fonction de la fréquence des accidents et d'autres indicateurs de circulation sur la dangerosité. Elles pourraient faire l'objet d'observations particulières pour déceler les facteurs non locaux. Les spécificités propres à un carrefour sont moins importantes et pourraient être

corrigées sitôt identifiées. Alors, les études se porteraient principalement à isoler les caractéristiques qui ne sont pas inhérentes au site et susceptibles d'être observées ailleurs.

Si leurs influences peuvent être démontrées sur le nombre d'accidents, de probables traitements pourraient être prévus afin de réduire le niveau de risque associé à ces points incontournables de la voirie publique. Une bonne base de comparaison existe déjà à partir des intersections faisant partie des aménagements actuels. Si la différence n'est pas statistiquement significative, la collecte de données peut se concentrer sur elles tout aussi bien que sur les éventuelles interventions correctives. Ensuite, il ne resterait qu'à mener une réévaluation avant et après, afin de conclure à l'efficacité du traitement ou de procéder à des révisions.

6.4 APPLICATIONS

Les contraintes imposées par les données rendues disponibles ne permettent pas une contribution au-delà de l'absence d'évidence que les nouveaux aménagements cyclables ne contribuent pas plus que les précédents au bilan des accidents cyclistes observés. Ce constat est basé sur la baisse enregistrée dans les statistiques en plus d'une tendance au déclin des accidents impliquant les cyclistes. Les informations signifient bel et bien que leurs impacts sur la sécurité routière ne sont pas plus différents qu'antérieurement. Les données colligées sur les accidents recensés et localisés spatialement apportent plus de clarté aux discussions que des prévisions. Les résultats des analyses peuvent, au besoin, appuyer une campagne d'informations et de sensibilisation sur la dangerosité des nouvelles infrastructures cyclables.

De plus, ce travail de recherche permet de révéler certains points critiques sur lesquels il faudrait mettre plus d'emphasis, par exemple les intersections et les arrondissements à fort potentiel d'attraction de mobilité active. L'analyse factorielle et la réduction de variables ont permis d'identifier 3 axes qui peuvent guider, en présence d'alternatives, le choix de sites ou de corridors pour un aménagement cyclable. D'où les recommandations pour de nouvelles études plus ciblées afin de réduire le nombre d'accidents au fil des ans, même avec une croissance d'activités cyclables afin que la tendance baissière timidement amorcée soit vraiment structurelle.

6.5 CONCLUSION

Ce travail de recherche se termine l'année même où l'Organisation des Nations Unies (ONU) se trouve incapable d'amener les acteurs sociaux, politiques et économiques réunis à Copenhague à un compromis sur un accord devant remplacer le protocole de Kyoto. Face à des situations où les États sont incapables de faire bouger les choses, les initiatives de la ville de Montréal pour une gestion optimale des déplacements, en faisant plus de place à une mobilité durable sont encourageantes. En effet, il devient de plus en plus prévisible que dans un avenir proche, le principal combat des sociétés industrialisées ou non sera celui visant à contrer les changements climatiques et ce, par une réduction de l'impact de l'humanité sur l'environnement.

Or, vu la part du transport dans les émissions de GES, toute réduction associée à ce secteur d'activités ainsi qu'aux secteurs connexes devrait être bienvenue. Les réticences actuelles aux solutions très novatrices en transport s'expliquent par les craintes de porter atteinte à la croissance économique et une réduction de la mobilité sans de réelles compensations sociales et environnementales. C'est à ce niveau que le transport actif fait la différence, puisqu'il permet d'atteindre des cibles ambitieuses sans pour autant affecter la mobilité des personnes. Le vélo a bien démontré qu'il peut être une option compétitive à l'automobile en milieu urbain très dense pour des déplacements de courte distance (moins de 5 km).

En dépit des bénéfices de santé publique pour les usagers du vélo, ce mode de transport soulève bien souvent des inquiétudes de sécurité routière. Ces dernières sont généralement les suivantes : une mobilité et une accessibilité limitées; le niveau de risque inacceptable auquel fait face l'usager, et non des moindres, l'insécurité routière potentiellement induite par leur intégration à la circulation, etc. Ce travail de recherche a tenté de démontrer qu'à la lecture des statistiques de cinq années d'accidents routiers à Montréal impliquant un vélo comme deuxième véhicule, malgré les limitations indiquées, que la dangerosité n'est pas différente de ce qui prévalait avant l'implantation de ces aménagements. Sans minimiser une moyenne de plus ou moins mille blessés annuellement sur les cinq années, on ne pourrait parler d'impacts négatifs des nouveaux aménagements cyclables.

Les différentes analyses de ce travail, juxtaposées à la structure urbaine de Montréal, semblent supporter les solutions d'aménagements adoptées par les autorités montréalaises pour plus de mobilité et d'accessibilité. Elles sont adéquates et promptes à faciliter de tels objectifs. Cette structure urbaine compacte, dense et déjà consolidée ne laisse pas trop d'espaces disponibles pour les solutions départageant cyclistes et automobilistes. Ainsi, la bande cyclable et la chaussée désignée roulant dans la même direction que le trafic ambiant se révèlent les plus aptes à garantir des conditions optimales d'accessibilité et de mobilité vu la structure urbaine de Montréal.

Pour aborder la dimension sécuritaire des inquiétudes du public, les statistiques officielles et les données d'analyses (données de la SAAQ mises à jour par la Ville de Montréal) qui, somme toute sont un échantillon représentatif des accidents impliquant vélos et automobiles, montrent bien à Montréal une stabilité et même une tendance à la baisse des fréquences et de la gravité des accidents. Ce travail n'avait pas le but de trouver les évidences nécessaires pour associer cette tendance aux aménagements de types II et III. Les interprétations les plus significatives des différentes analyses des données ne peuvent en fonction de la série des données disponibles supporter que les nouvelles infrastructures cyclables induisent un niveau de risque plus élevé pour les usagers de la route.

Les analyses ont conclu aussi à une amélioration du bilan des accidents au fil des années, hormis l'année 2004 qui semble être particulière. Comme mentionné ci avant, les nouveaux aménagements cyclables ne peuvent être tenus pour responsables de ce fait, et ils ne peuvent non plus être accusés d'avoir augmenté le niveau de risques. Donc, le nombre d'accidents enregistrés durant les cinq années de données disponibles semble plus lié à un effet vélo à Montréal. Plus il y a de cyclistes et de voitures sur les routes, plus élevé sera le risque d'accidents.

Pour terminer, il faudrait préciser que toute généralisation est belle et bien exclue à ce stade-ci des analyses à partir des données disponibles. Les conclusions basées sur ces chiffres ne reflètent que la réalité ayant prévalu durant cette période à Montréal. Un fait à souligner est que les bilans routiers sur les chiffres de 2008 et de 2009 du portrait global de la sécurité routière au Québec ne semblent pas indiquer un fléchissement ou une inversion dans la tendance amorcée depuis les deux dernières années de la série des données.

ANNEXE A – RÉSULTATS DES ANALYSES STATISTIQUES DES DONNÉES
D'ACCIDENTS

ANOVA

Analyse de variance : deux facteurs avec répétition d'expérience

RAPPORT DÉTAILLÉ BI. Graves BI. Légères Dom. Matériels Total
Type I

Nombre d'échantillons	3	3	3	9
Somme	7	142	36	185
Moyenne	2	47	12	21
Variance	2	2	16	426

Type II et III

Nombre d'échantillons	3	3	3	9
Somme	6	65	35	106
Moyenne	2	22	12	12
Variance	7	225	86	152

Total

Nombre d'échantillons	6	6	6
Somme	13	207	71
Moyenne	2.16666667	34.5	11.83333333
Variance	3.76666667	288.7	40.96666667

ANALYSE DE VARIANCE

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Échantillon	346.722222	1	346.722222	6.13064833	0.029170324	4.747225336
Colonnes	3305.33333	2	1652.666667	29.2220039	2.44356E-05	3.885293835
Interaction	641.777778	2	320.888889	5.67387033	0.018433946	3.885293835
A l'intérieur du groupe	678.666667	12	56.55555556			
Total	4972.5	17				

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

Factor Analysis

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	Analysis N
Proxi_Inter	1,0781	,11661	80
Inter_Gest	1,1625	,11999	80
Sens_Circul	1,1406	,12480	80
Offre_Long	2,1326	,36483	80
Heure	1,2656	,21912	80
Jour_Sem	1,0406	,09281	80

Correlation Matrix

		Proxi_Inter	Inter_Gest	Sens_Circul	Offre_Long	Heure	Jour_Sem
Correlation	Proxi_Inter	1,000	,495	,105	,105	,106	,069
	Inter_Gest	,495	1,000	-,013	-,321	-,098	-,103
	Sens_Circul	,105	-,013	1,000	,578	-,168	,115
	Offre_Long	,105	-,321	,578	1,000	-,196	-,038
	Heure	,106	-,098	-,168	-,196	1,000	,202
	Jour_Sem	,069	-,103	,115	-,038	,202	1,000
Sig. (1-tailed)	Proxi_Inter		,000	,176	,176	,174	,273
	Inter_Gest	,000		,454	,002	,194	,182
	Sens_Circul	,176	,454		,000	,068	,154
	Offre_Long	,176	,002	,000		,041	,370
	Heure	,174	,194	,068	,041		,036
	Jour_Sem	,273	,182	,154	,370	,036	

Communalities

	Initial	Extraction
Proxi_Inter	1,000	,793
Inter_Gest	1,000	,845
Sens_Circul	1,000	,754
Offre_Long	1,000	,808
Heure	1,000	,635
Jour_Sem	1,000	,637

Extraction Method: Principal
Component Analysis.

Total Variance Explained

Com pone nt	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	1,732	28,869	28,869	1,732	28,869	28,869	1,701	28,346	28,346
2	1,498	24,972	53,840	1,498	24,972	53,840	1,516	25,268	53,614
3	1,241	20,689	74,529	1,241	20,689	74,529	1,255	20,915	74,529
4	,789	13,155	87,685						
5	,517	8,619	96,303						
6	,222	3,697	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
Proxi_Inter		,847	
Inter_Gest		,795	
Sens_Circul	,785		
Offre_Long	,889		
Heure			,691
Jour_Sem			,797

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 3 components extracted.

Component Transformation Matrix

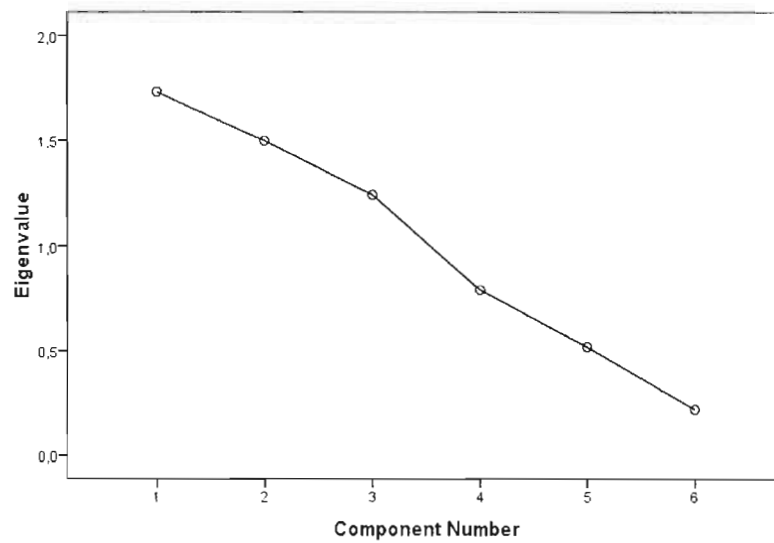
Component	1	2	3
1	,948	-,282	-,149
2	,269	,958	-,102
3	,172	,056	,984

Extraction Method: Principal

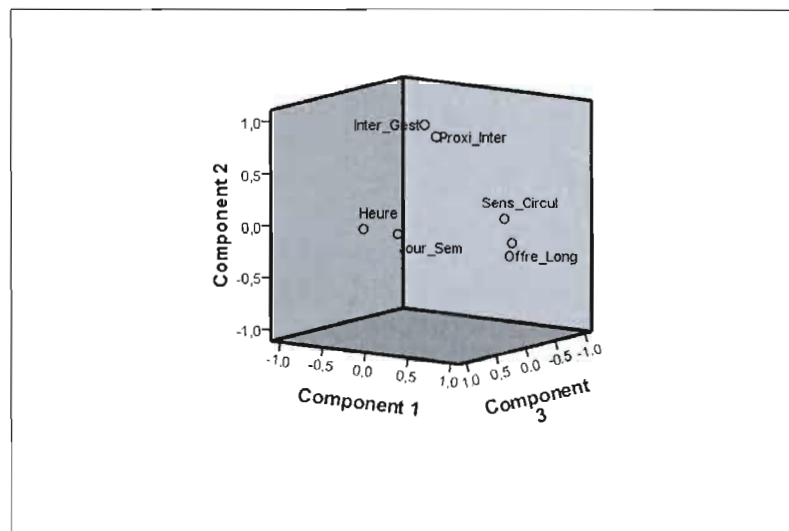
Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Scree Plot



Component Plot in Rotated Space

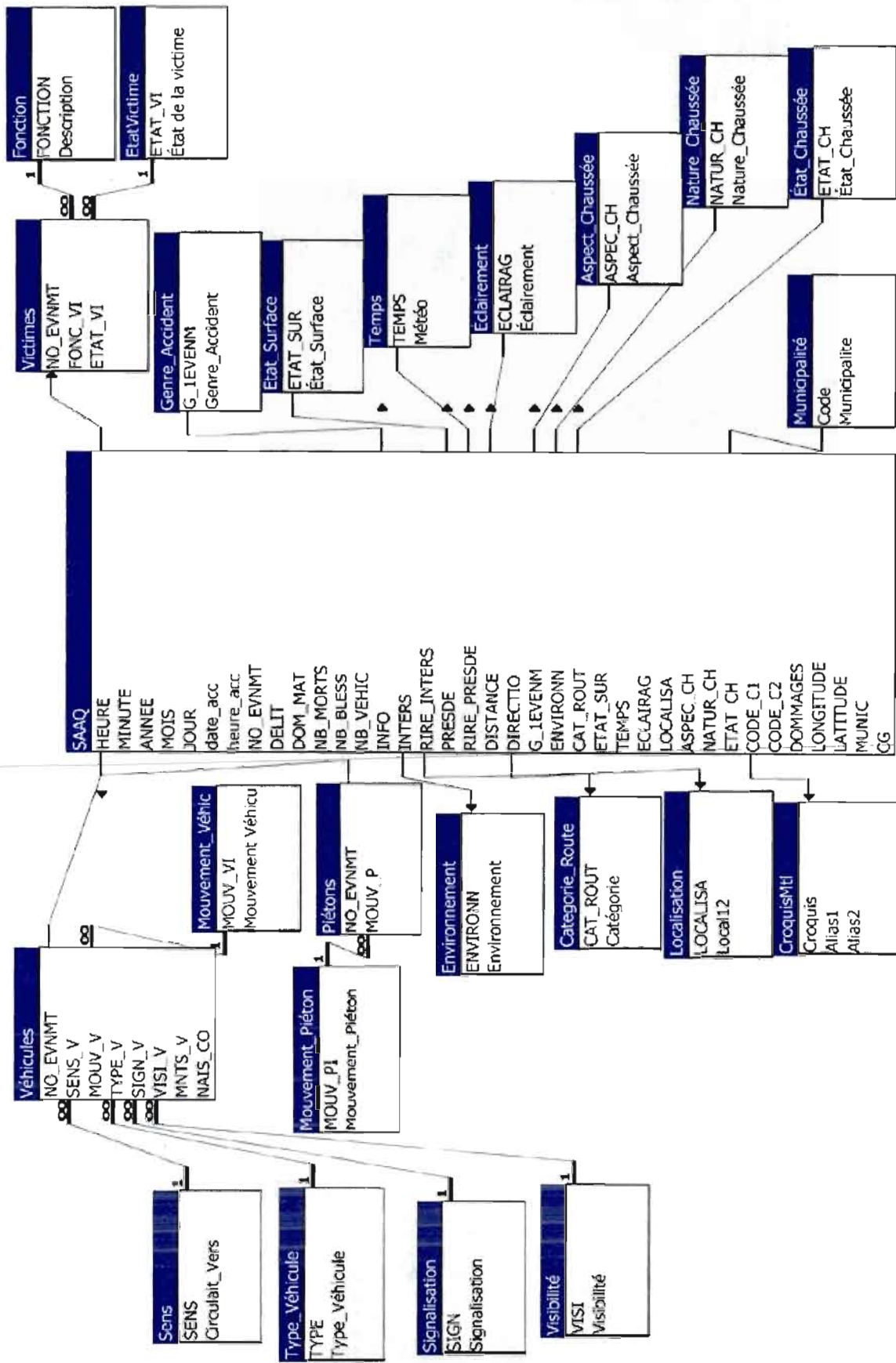


ANNEXE B – STRUCTURE DE LA BASE DE DONNEE RELATIONNELLE

Les informations sont enregistrées suivant une architecture relationnelle et utilisent le logiciel de gestion de base de données MS Access. La table centrale contient une clé primaire (NO_EVNMT). Le lien relationnel entre les différentes entités se fonde sur cet identifiant (la clé primaire) afin de faciliter les requêtes aux données. En annexe, on peut voir la structure de cette base de données gérée suivant un modèle relationnel montrant les entités suivantes : les tables et les liens relationnels.

Les différentes tables stockent les informations sur les personnes impliquées, la localisation, le type d'accidents, les mouvements et les circonstances ayant conduit à cet accident en plus des codes sur la représentation graphique sur les directions des véhicules impliqués et le positionnement de l'impact résultant de la collision.

Les données sur l'identité (nom, prénom, numéro d'identification) des individus sont encryptées et ne sont pas accessibles sans une autorisation spéciale. Donc, une protection automatique de la vie privée est enchâssée dans la structure des données par cette procédure d'encryptions. Les statistiques sur l'âge et autres variables qualitatives sont possibles mais pas celles sur le sexe des accidentés.



Structure de la base de données des accidents (MS Access)

Annexe B

Les impacts des aménagements cyclables à même la chaussée sur la sécurité routière à Montréal

BIBLIOGRAPHIE

- Amoros, E., J.-L. Martin et B. Laumon. 2006. «Under-reporting of road crash casualties in France». *Accident Analysis and Prevention*. Vol. vol. 38, no 4, p. 627-635.
- , 2007. «Estimating non-fatal road casualties in a large French county, using the capture-recapture method». *Accident Analysis and Prevention*. Vol. vol. 39, no 3, p. 483-490.
- Aultman-Hall, L., et F. L. Hall. 1998. «Ottawa-Carleton commuter cyclist on- and off-road incident rates». *Accident Analysis & Prevention*. vol. 30, no 1, p. 29-43.
- Aultman-Hall, L., et M. G. Kaltenecker. 1999. «Toronto bicycle commuter safety rates». *Accident Analysis & Prevention [Accid. Anal. Prev.]*. vol. 31, no 6, p. 675-686.
- Barnes, G., K. Thompson et K. Krizek. 2006. «A longitudinal analysis of effect of bicycle facilities on commute mode share». *Transportation Research Board Annual Meeting*. En ligne. <http://www.hhh.umn.edu/img/assets/20163/effect_bike_facilities_mode_share_krizek.pdf>.
- Boivin, R., T. Gallene, A. Gridel, P. Isabel, D. Lamy, L. Vallière et F. Vermette. 2003. *Guide technique d'aménagement des voies cyclables*, 1 t., 3e édition. Montréal: Vélo Québec.
- Chong, Shanley, Roslyn Poulos, Jake Olivier, Wendy L. Watson et Raphael Grzebieta. 2010. «Relative injury severity among vulnerable non-motorised road users: Comparative analysis of injury arising from bicycle-motor vehicle and bicycle-pedestrian collisions». *Accident Analysis and Prevention*. Vol. vol. 42, no 1, p. 290-296. In *PsycINFO*. CSA.
- Christian, B., L. Patte, P. Lesage et J.-M. Pouchain (1997). Catégorisation des voies urbaines et sécurité routière. CERTU, CERTU: 60 p En ligne. <<http://hdl.handle.net/2332/968>>. Consulté le 19 juin 2010.
- Côté, É. 2009. «COHABITATION CYCLISTES-AUTOMOBILISTES Le vélo à Montréal, un sport risqué». *La Presse* (Montréal), 26 septembre 2009.
- Crozet, Y., et I. Joly. 2006. La loi de Zahavi - Quelle pertinence pour comprendre la construction et la dilatation des espaces-temps de la ville? Paris: Paris-La Défense : Pland d'urbanisme construction d'architecture.
- Depreitere, Bart, Carl Van Lierde, Sigrid Maene, Christiaan Plets, Jos Vander Sloten, Remy Van Audekercke, Georges Van der Perre et Jan Goffin. 2004. «Bicycle-related head injury: A study of 86 cases». *Accident Analysis & Prevention*. vol. 36, no 4, p. 561-567.
- Dhillon, P. K., A. S. Lightstone, C. Peek-Asa et J. F. Kraus. 2001. «Assessment of hospital and police ascertainment of automobile versus childhood pedestrian and bicyclist collisions». *Accident Analysis and Prevention*. Vol. vol. 33, no 4, p. 529-537.
- Flahaut, Benoît. 2004. «Impact of infrastructure and local environment on road unsafety Logistic modeling with spatial autocorrelation». *Accident Analysis & Prevention*. vol. 36, no 6, p. 1055-1066.
- Forester, J. 2007. «Bicycling, transportation and the problem of evil». En ligne. <<http://www.americandreamcoalition.org/safety/CTEvil.pdf>>. Consulté le 01 juin 2009.

Fortier, D., C. Bégin, C. Farley, M. Lavoie, P. Maurice, M. Parent, D. Sergerie et M. Saint-Laurent. 2009. «Les aménagements cyclables : un cadre pour l'analyse intégrée des facteurs de sécurité». En ligne. <http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/925_AmePisteCyclablecorr.pdf>. Consulté le 20 août 2009.

G.I.E.C. 2007. «Le rapport des Nations des Unies sur le réchauffement climatique». En ligne. <<http://www.radio-canada.ca/nouvelles/International/2007/02/02/001-rapport-climat-siecle.shtm>>. Consulté le 29 mai 2009.

Günther, R., L. Ekman, E. Janssen, D. Palmer, A. Lemond De Macedo, R. Allsop, L. Herrstedt, C. Michalik, D. Fleury, J. Breen et M. Ward. 1999. «Safety of pedestrians and cyclists in urban area». En ligne. <<http://www.radio-canada.ca/nouvelles/International/2007/02/02/001-rapport-climat-siecle.shtm>>. Consulté le 29 mai 2009.

Hair, Joseph F. Jr., William C. Black, Barry J. Babin et Rolph E. Anderson. 2008. *Multivariate Data Analysis*, 1 t. Upper Saddle River: Prentice Hall.

Jacobsen, P. L. 2003. «Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling». *Injury Prevention [Injury Prev.]*. Vol. vol. 9, no 3, p. 205-209.

Jolicoeur, M., F. Dumesnil et A. Poirier. 2006. «L'état du vélo au Québec en 2005». En ligne. <http://www.velo.qc.ca/velo_quebec/etatduvelo.php>. Consulté le 21 mars 2009.

Kim, Joon-Ki, Sungyop Kim, Gudmundur F. Ulfarsson et Luis A. Porrello. 2007. «Bicyclist injury severities in bicycle-motor vehicle accidents». *Accident Analysis & Prevention*. vol. 39, no 2, p. 238-251.

Klop, J. R., et A. J. Khattak. 1999. «Factors influencing bicycle crash severity on two-lane, undivided roadways in North Carolina». *Transportation Research Record*. vol. 1674, p. 78-85.

Krizek, K. J., G. Poindexter, A. El-Geneidy et E. Sanderson. 2007. «The safety of pedestrian and bicycle travel in Minnesota Inventory, analysis, and prospectus». The Minnesota Department of Transport.

Krizek, K. J., et R. W. Roland. 2005. «What Is at the End of the Road? Understanding Discontinuities of On-Street Bicycle Lanes in Urban Settings». *Transportation Research: Part D: Transport and Environment*. vol. 10, no 1, p. 55-68.

Lewis, P., Y. Bussière, M. Carlier, K. Fortin-Lacasse, S. Gagné, L. Lapierre, M. Lessard, M. J. Thivierge et J. Torres. 2008. «Le transport actif et le système scolaire à Montréal et à Trois-Rivières – Analyse du système d'acteurs concernés par le transport actif des élèves des écoles primaires au Québec.». En ligne. <<http://www.villeetmobilite.ca/>>. Consulté le 21 mai 2009.

Litman, T. 1994. «Quantifying bicycling benefits for achieving TDM objectives». *Transportation Research Record*. vol. 1441, p. 134-140.

Loukaitou-Sideris, A., R. Liggett et H.-G. Sung. 2007. «Death on the crosswalk - A study of pedestrian-Automobile collisions». *Journal of Planning Education and Research*, p. 14.

Meuleners, Lynn B., Andy H. Lee et Claire Haworth. 2007. «Road environment, crash type and hospitalisation of bicyclists and motorcyclists presented to emergency departments in Western Australia». *Accident Analysis & Prevention*. vol. 39, no 6, p. 1222-1225.

Montréal (2008). Réinventer Montréal – Plan de transport 2008. transport et environnement Service des infrastructures, Direction des transports et Division du développement des transports. 1: 221 p En ligne. <<http://servicesenligne2.ville.montreal.qc.ca/sel/publications/>>.

Morency, C., et M. Demers. 2009. «Active transportation as a way to increase physical activity among children». *Child Care, Health & Development*. Vol. vol. 36, no 3, p. 421-427 In *PsycINFO*. CSA.

Orfeuill, J.-P. 2008. *Mobilités urbaines : l'âge des possibles*. Paris: Les Carnets de l'info.

Persaud, B., E. Hauer, R. Retting, R. Vallurupalli et K. Mucsi. 1997 «Crash reductions related to traffic signal removal in Philadelphia». *Accident Analysis & Prevention*. vol. 29, no 6, p. 803-810.

Pucher, J. 2001. «Cycling safety on bikeways vs roads». *Transportation Quarterly*. vol. 55, no 4.

Pucher, J., et R. Buehler 2006. «Why Canadians cycle more than Americans : A comparative analysis of bicycling trends and policies». *Transport policy*. vol. 13, p. 265-279.

Pucher, J., et L. Dijkstra. 2000. «Making walking and cycling safer : Lessons from Europe». *Transportation Quarterly*. vol. 54, no 3.

Pucher, J., C. Komanoff et P. Schimek. 1999. «Bicycling Renaissance in North America? Recent Trends and Alternative Policies to Promote Bicycling». *Transportation Research: Part A: Policy and Practice*. vol. 33, no 7-8, p. 625-654.

Schlossberg, Marc, Jessica Greene, Page P. Paulsen, Bethany Johnson et Bob Parker. 2006. «Schools trips : Effects of urban form and distance on travel mode». *Journal of the American Planning Association*. vol. 72, no 3, p. 10.

Smith Jr., R. L., et T. Walsh. 1988. «Safety impacts of bicycle lanes». *Transportation Research Record*. vol. 1168, p. 49-56.

Stone, M., et J. Broughton. 2003. «Getting off your bike: cycling accidents in Great Britain in 1990-1999». *Accident Analysis & Prevention*. vol. 35, p. 549-556.

Veisten, Knut, Kjartan Sæviðslensminde, Kari Alvðfárf, Torkel Bjørnskau, Rune Elvik, Trude Schistad et Borge Ytterstad. 2007. «Total costs of bicycle injuries in Norway: Correcting injury figures and indicating data needs». *Accident Analysis & Prevention*. vol. 39, no 6, p. 1162-1169.

VéloQuébec. 2005. «Accessibilité et mobilité : À vélo au centre-ville de Montréal. La proposition de Vélo Québec». En ligne. <http://www.velo.qc.ca/velo_quebec/memoires/VQ_AccesCentre-Ville2.pdf>. Consulté le 22 Juillet 2010.

Welander, G., R. Ekman, L. Svanstroem, L. Schelp et A. Karlsson. 1999. «Bicycle injuries in Western Sweden: a comparison between counties». *Accident Analysis & Prevention*. vol. 31, p. 1-2.